



Japan Patent Office

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: January 21, 2004

Application Number: Japanese Patent Application
No.2004-013138

[ST.10/C]: [JP2004-013138]

Applicant(s): RICOH COMPANY, LTD.

February 6, 2004

Commissioner,
Japan Patent Office

Yasuo Imai (Seal)

Certificate No.2004-3007640

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 1 月 2 1 日
Date of Application:

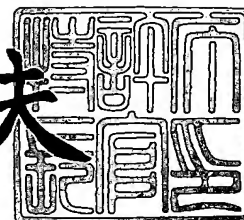
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 1 3 1 3 8
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 4 - 0 1 3 1 3 8]

出 願 人 株 式 会 社 リ コ ー
Applicant(s):

2 0 0 4 年 2 月 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 7 6 4 0

【書類名】 特許願
【整理番号】 JP0400366
【提出日】 平成16年 1月21日
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿
【国際特許分類】 H04N 1/44
【発明者】
 【住所又は居所】 鳥取県鳥取市千代水1丁目100番地 アイシン千代ビル リコー
 ー鳥取技術開発株式会社内
 【氏名】 西村 隆之
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
 【氏名】 野水 泰之
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
 【氏名】 作山 宏幸
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
 【氏名】 原 潤一
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
 【氏名】 松浦 熱河
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
 【氏名】 矢野 隆則
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
 【氏名】 児玉 卓
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
 【氏名】 宮澤 利夫
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
 【氏名】 新海 康行
【特許出願人】
 【識別番号】 000006747
 【氏名又は名称】 株式会社リコー
【代理人】
 【識別番号】 100070150
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 伊東 忠彦
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003- 13585
 【出願日】 平成15年 1月22日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 002989
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9911477

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

分解能レベルが異なる単位系間でデータを相互に順変換及び逆変換するデータ形式化逆変換方法であって、

順変換及び逆変換に際して分解能レベルの低い第一の単位系を共通単位系に用いて、分解能レベルの低い該第一の単位系のデータと、該第一の単位系より分解能レベルの高い第二の単位系のデータとの整数演算により可逆なデータ変換を行うようにしたことを特徴とするデータ形式可逆変換方法。

【請求項 2】

前記第一の単位系は分解能の低い第一の色空間であって、前記第二の単位系は前記第一の色空間より分解能の高い表示系の第二の色空間であり、

アナログの分解能の低い前記第一の色空間の量子化によるデジタル色変換を行う場合、前記第一の色空間を共通単位系に用いて、前記第二の色空間との間で、前記第一の色空間の第一のデータから前記第二の色空間の第二のデータへの逆変換、及び、該第二の色空間の該第二のデータから該第一の色空間の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第三のデータとが一致するように

前記整数演算により可逆なデータ変換を行わせるようにしたことを特徴とする請求項 1 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 3】

前記第一の色空間の前記第一のデータは YCbCr データであって、前記第二の色空間の前記第二のデータは RGB データであって、前記第一の色空間の前記第三のデータは Y'Cb'Cr' データであって、該 YCbCr データから該 RGB データへ変換後、該 Y'Cb'Cr' データへ変換する場合、

前記 RGB データから前記第一の色空間の前記 Y'Cb'Cr' データへの前記順変換を

【数 1】

$$Y = \left\lfloor \frac{219 \times (299 \times R + 587 \times G + 114 \times B) + 16 \times 255 \times 1000 + 255 \times 1000 / 2}{255 \times 1000} \right\rfloor * \\ Cb = \left\lfloor \frac{224 \times 564 \times (-299 \times R - 587 \times G + 886 \times B) + 128 \times 255 \times 1000 \times 1000 + 255 \times 1000 \times 1000 / 2}{255 \times 1000 \times 1000} \right\rfloor \\ Cr = \left\lfloor \frac{224 \times 713 \times (701 \times R - 587 \times G - 114 \times B) + 128 \times 255 \times 1000 \times 1000 + 255 \times 1000 \times 1000 / 2}{255 \times 1000 \times 1000} \right\rfloor$$

※「 $\lfloor \rfloor$ 」: 小数部切捨て用演算を表す鍵括弧。以下同様。

なる色変換関数の整数演算により行い、

前記 YCbCr データから前記第二の色空間の前記 RGB データへの前記逆変換を、

【数 2】

$$\begin{aligned}
 R &= \left\lfloor \frac{[219 \times 1000 \times (Cr - 128) + 713 \times 224 \times (Y - 16)] \times 255 + 713 \times 224 \times 219/2}{713 \times 224 \times 219} \right\rfloor \\
 G &= \left\lfloor \frac{\left[\begin{aligned} &713 \times 224 \times 587 \times 564 (Y - 16) \\ &- 299 \times 219 \times 564 \times 1000 \times (Cr - 128) \\ &- 114 \times 219 \times 713 \times 1000 \times (Cb - 128) \end{aligned} \right] \times 255 + 219 \times 713 \times 224 \times 587 \times 564/2}{219 \times 713 \times 224 \times 587 \times 564} \right\rfloor \\
 B &= \left\lfloor \frac{[219 \times 1000 \times (Cb - 128) + 564 \times 224 \times (Y - 16)] \times 255 + 564 \times 224 \times 219/2}{564 \times 224 \times 219} \right\rfloor
 \end{aligned}$$

なる色変換関数の整数演算により行うようにしたことを特徴とする請求項 2 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 4】

前記第一の単位系は分解能の低い第一の色空間であって、前記第二の単位系は前記第一の色空間より分解能の高い印刷系の第二の色空間であって、

アナログの分解能の低い前記第一の色空間の量子化によるデジタル色変換を行う場合、前記第一の色空間を共通単位系に用いて、前記第二の色空間との間で、前記第一の色空間の第一のデータから前記第二の色空間の第二のデータへの逆変換、及び、該第二の色空間の該第二のデータから該第一の色空間の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第三のデータとが一致するように前記整数演算により可逆変換を行わせるようにしたことを特徴とする請求項 1 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 5】

前記第一の色空間の前記第一のデータは Y C b C r データであって、前記第二の色空間の前記第二のデータは R G B データであって、前記第一の色空間の前記第三のデータは Y' C b' C r' データであって、該 Y C b C r データから該 R G B データへ変換後、該 Y' C b' C r' データへ変換する場合、

前記第二の色空間の前記第二のデータから前記第一の色空間の前記第三のデータへの前記順変換を、分解能レベルの最大値を MAX として、請求項 3 における色変換関数の数 1 中の Y, M, C を Y = MAX - B, M = MAX - G, C = MAX - R に置換えた整数演算により行い、

前記第一の色空間の前記第一のデータから前記第二の色空間の前記第二のデータへの前記逆変換を、分解能レベルの最大値を MAX として、請求項 3 における色変換関数の数 2 中の Y, M, C を Y = MAX - B, M = MAX - G, C = MAX - R に置換えた整数演算により行うようにしたことを特徴とする請求項 4 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 6】

前記第一の単位系は分解能の低い第一の色空間であって、前記第二の単位系は前記第一の色空間より分解能の高い表示系の第二の色空間であり、

アナログビデオ信号をデジタルデータに変換するデータ形式を規定した国際規格による色変換を行う場合、前記第一の色空間を共通単位系に用いて、前記第二の色空間との間で

、前記第一の色空間の第一のデータから前記第二の色空間の第二のデータへの逆変換、及び、該第二の色空間の該第二のデータから該第一の色空間の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第三のデータとが一致するように前記整数演算により可逆変換を行わせるようにしたことを特徴とする請求項 1 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 7】

前記第一の色空間の前記第一のデータは Y C b C r データであって、前記第二の色空間の前記第二のデータは量子化された R (d) G (d) B (d) データであって、前記第一の色空間の前記第三のデータは Y ' C b ' C r ' データであって、該 Y C b C r データから該 R (d) G (d) B (d) データへ変換後、該 Y ' C b ' C r ' データへ変換する場合、アナログ R (a) G (a) B (a) データから前記 Y C b C r データへの変換を、

【数 3】

$$Y = \left\lfloor \frac{219 \times (77 \times R(a) + 150 \times G(a) + 29 \times B(a)) + 16 \times 256 \times 256 + 256 \times 128}{256 \times 256} \right\rfloor$$

$$Cb = \left\lfloor \frac{219 \times (-44 \times R(a) - 87 \times G(a) + 131 \times B(a)) + 128 \times 256 \times 256 + 256 \times 128}{256 \times 256} \right\rfloor$$

$$Cr = \left\lfloor \frac{219 \times (131 \times R(a) - 110 \times G(a) - 21 \times B(a)) + 128 \times 256 \times 256 + 256 \times 128}{256 \times 256} \right\rfloor$$

なる色変換関数を実行することによって得られた前記 Y C b C r データの前記 R (d) G (d) B (d) データへの前記順変換を、

【数 4】

$$R(d) = \left\lfloor \frac{(16772821 \times Y + 22904709 \times Cr - 41320 \times Cb - 2926513792) \times 2 + 16772821}{16772821 \times 2} \right\rfloor$$

$$G(d) = \left\lfloor \frac{(470873 \times Y - 329527 \times Cr - 157064 \times Cb + 62283648) \times 2 + 470873}{470873 \times 2} \right\rfloor$$

$$B(d) = \left\lfloor \frac{(16772821 \times Y - 102267 \times Cr + 29047960 \times Cb - 3705048704) \times 2 + 16772821}{16772821 \times 2} \right\rfloor$$

なる色変換関数の整数演算により行い、

R (d) G (d) B (d) データから前記 Y ' C b ' C r ' データへの前記逆変換を

【数 5】

$$\begin{aligned}
 Y' &= \left\lfloor \frac{77 \times R(d) + 150 \times G(d) + 29 \times B(d) + 128}{256} \right\rfloor \\
 Cb' &= \left\lfloor \frac{-44 \times R(d) - 87 \times G(d) + 131 \times B(d) + 128 \times 256 + 128}{256} \right\rfloor \\
 Cr' &= \left\lfloor \frac{131 \times R(d) - 110 \times G(d) - 21 \times B(d) + 128 \times 256 + 128}{256} \right\rfloor
 \end{aligned}$$

なる色変換関数の整数演算により行うようにしたことを特徴とする請求項 6 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 8】

前記第一の単位系は分解能の低い第一の色空間であって、前記第二の単位系は前記第一の色空間より分解能の高い表示系の第二の色空間であり、

輝度及び色差を基調とするオリジナル色の色変換を行う場合、前記第一の色空間を共通単位系に用いて、前記第二の色空間との間で、前記第一の色空間の第一のデータから前記第二の色空間の第二のデータへの逆変換、及び、該第二の色空間の該第二のデータから該第一の色空間の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第二のデータとが一致するように

前記整数演算により可逆変換を行わせるようにしたことを特徴とする請求項 1 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 9】

前記第一の色空間の前記第一のデータは $Y(o) Cb(o) Cr(o)$ データであって、前記第二の色空間の前記第二のデータは $R(o) G(o) B(o)$ データであって、前記第一の色空間の前記第三のデータは $Y(o)' Cb(o)' Cr(o)'$ データであって、該 $Y(o) Cb(o) Cr(o)$ データから該 $R(o) G(o) B(o)$ データへ変換後、該 $Y(o)' Cb(o)' Cr(o)'$ データへ変換する場合、

前記 $R(o) G(o) B(o)$ データから前記第一の色空間の前記 $Y(o)' Cb(o)' Cr(o)$ データへの前記順変換を、

【数 6】

$$\begin{aligned}
 Y(o) &= \left\lfloor \frac{2 \times (x_M \times R(o) + (D - x_M - y_M) \times G(o) + y_M \times B(o)) + D}{2 \times D} \right\rfloor \\
 Cb(o) &= \left\lfloor \frac{\left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor \times 2 \times (D - y_M) - x_M \times R(o) - (D - x_M - y_M) \times G(o) + (D - y_M) \times (B(o) + 1)}{2 \times (D - y_M)} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor \\
 Cr(o) &= \left\lfloor \frac{\left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor \times 2 \times (D - x_M) + (D - x_M) \times (R(o) + 1) - (D - x_M - y_M) \times G(o) - y_M \times B(o)}{2 \times (D - x_M)} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor
 \end{aligned}$$

なる色変換関数の整数演算により行い、

前記 Y (o) C b (o) C r (o) データから前記第二の色空間の前記 R (o) G (o) B (o) データへの前記逆変換を、

【数 7】

$$\begin{aligned}
 R(o) &= \left\lfloor \frac{2 \times (D \times Y(o) + 2 \times (D - x_M) \times Cr(o)) + D}{2 \times D} \right\rfloor \\
 G(o) &= \left\lfloor \frac{2 \times ((D - x_M - y_M) \times D \times Y(o) - 2 \times y_M \times (D - y_M) \times Cb(o) - 2 \times x_M \times (D - x_M) \times Cr(o)) + (D - x_M - y_M) \times D}{2 \times (D - x_M - y_M) \times D} \right\rfloor \\
 B(o) &= \left\lfloor \frac{2 \times (D \times Y(o) + 2 \times (D - y_M) \times Cb(o)) + D}{2 \times D} \right\rfloor
 \end{aligned}$$

なる色変換関数の整数演算により行うようにしたことを特徴とする請求項 8 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 10】

輝度及び色差を基調とするオリジナル色の色変換が J P E G 2 0 0 0 アルゴリズムによるものであり、

前記第一の色空間の前記第一のデータは Y (o) C b (o) C r (o) データであって、前記第二の色空間の前記第二のデータは R (o) G (o) B (o) データであって、前記第一の色空間の前記第三のデータは Y (o) ' C b (o) ' C r (o) ' データであって、該 Y (o) C b (o) C r (o) データから該 R (o) G (o) B (o) データへ変換後、該 Y (o) ' C b (o) ' C r (o) ' データへ変換する場合、

前記 R G B データから前記第一の色空間の前記 Y (o) C b (o) ' C r (o) ' データへの前記順変換を、

【数 8】

$$Y(o) = \left\lfloor \frac{(299 \times R(o) + 587 \times G(o) + 114 \times B(o)) + 500}{1000} \right\rfloor$$

$$Cb(o) = \left\lfloor \frac{128 \times 2 \times 886 - 299 \times R(o) - 587 \times G(o) + 886 \times (B(o) + 1)}{2 \times 886} \right\rfloor - 128$$

$$Cr(o) = \left\lfloor \frac{128 \times 2 \times 701 + 701 \times (R(o) + 1) - 587 \times G(o) - 114 \times B(o)}{2 \times 701} \right\rfloor - 128$$

なる色変換関数の整数演算により行い、

前記 Y (o) C b (o) C r (o) データから前記第二の色空間の前記 R (o) G (o) B (o) データへの前記逆変換を、

【数 9】

$$R(o) = \left\lfloor \frac{(1000 \times Y(o) + 1402 \times Cr(o)) + 500}{1000} \right\rfloor$$

$$G(o) = \left\lfloor \frac{(587 \times 1000 \times Y(o) - 2 \times 114 \times 886 \times Cb(o) - 2 \times 299 \times 701 \times Cr(o)) + 587 \times 500}{587 \times 1000} \right\rfloor$$

$$B(o) = \left\lfloor \frac{(1000 \times Y(o) + 1772 \times Cb(o)) + 500}{1000} \right\rfloor$$

なる色変換関数の整数演算により行うようにしたことを特徴とする請求項 9 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 1 1】

前記 R (o) G (o) B (o) データ及び前記 Y (o) C b (o) C r (o) データの使用範囲についてその最大値及び最小値を規制する制限を課すことを特徴とする請求項 9 又は 1 0 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 1 2】

前記第一の単位系はインチ系単位を用いる BMU の単位系であって、前記第二の単位系はメートル系単位を用いる 1 / 1 0 0 mm で示される単位系であり、

前記第一の単位系を共通単位系に用いて、前記第二の単位系との間で、前記第一の単位系の第一のデータから前記第二の単位系の第二のデータへの逆変換、及び、前記第二の単位系の該第二のデータから該前記第一の単位系の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第三のデータとが一致するように前記整数演算により可逆変換を行わせるようにしたことを特徴とする請求項 1 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 1 3】

前記 BMU の単位系で示される前記第一のデータから前記メートル系単位を用いる 1 / 1 0 0 mm で示される前記第二のデータへの変換後、更に、該 BMU の単位系で示される前記第三のデータへの変換を、

【数 1 0】

$$\langle 1/100\text{mm系データ} \rangle = \lfloor (2540 \times \langle \text{BMU系データ} \rangle + 600) / 1200 \rfloor$$

$$\langle \text{BMU系データ} \rangle = \lfloor (1200 \times \langle 1/100\text{mm系データ} \rangle + 1270) / 2540 \rfloor$$

なる整数演算により行うようにしたことを特徴とする請求項 1 2 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 1 4】

分解能レベルが異なる単位系間でデータを相互に順変換及び逆変換する変換処理を伴う画像処理装置であって、

順変換及び逆変換に際して分解能レベルの低い第一の単位系を共通単位系に用いて、分解能レベルの低い該第一の単位系のデータと、該第一の単位系より分解能レベルの高い第二の単位系のデータとの整数演算により可逆なデータ変換を行うデータ形式可逆変換手段を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 1 5】

前記第一の単位系は分解能の低い第一の色空間であって、前記第二の単位系は前記第一の色空間より分解能の高い表示系の第二の色空間であって、

前記データ形式可逆変換手段は、アナログの分解能の低い前記第一の色空間の量子化によるデジタル色変換を行う場合、前記第一の色空間を共通単位系に用いて、前記第二の色空間との間で、前記第一の色空間の第一のデータから前記第二の色空間の第二のデータへの逆変換、及び、該第二の色空間の該第二のデータから該第一の色空間の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第三のデータとが一致するように前記整数演算により可逆なデータ変換を行わせるようにしたことを特徴とする請求項 1 4 記載の画像処理装置。

【請求項 1 6】

前記第一の単位系は分解能の低い第一の色空間であって、前記第二の単位系は前記第一の色空間より分解能の高い表示系の第二の色空間であって、

前記データ形式可逆変換手段は、前記第一の色空間の Y C b C r データから前記第二の色空間の R G B データへ変換後、更に、該第一の色空間の Y' C b' C r' データに変換する際、

前記 R G B データから前記第一の色空間の前記 Y' C b' C r' データへの前記順変換を

【数 1 1】

$$Y = \left\lfloor \frac{219 \times (299 \times R + 587 \times G + 114 \times B) + 16 \times 255 \times 1000 + 255 \times 1000 / 2}{255 \times 1000} \right\rfloor \times$$

$$Cb = \left\lfloor \frac{224 \times 564 \times (-299 \times R - 587 \times G + 886 \times B) + 128 \times 255 \times 1000 \times 1000 + 255 \times 1000 \times 1000 / 2}{255 \times 1000 \times 1000} \right\rfloor$$

$$Cr = \left\lfloor \frac{224 \times 713 \times (701 \times R - 587 \times G - 114 \times B) + 128 \times 255 \times 1000 \times 1000 + 255 \times 1000 \times 1000 / 2}{255 \times 1000 \times 1000} \right\rfloor$$

※ $\lfloor \rfloor$ ：小数部切捨て用演算を表す鍵括弧。以下同様。

なる色変換関数の整数演算により行い、
YCbCrデータ→RGBデータ側の逆変換を、
【数 1 2】

$$R = \left\lfloor \frac{[219 \times 1000 \times (Cr - 128) + 713 \times 224 \times (Y - 16)] \times 255 + 713 \times 224 \times 219 / 2}{713 \times 224 \times 219} \right\rfloor$$

$$G = \left\lfloor \frac{\left[\begin{array}{l} 713 \times 224 \times 587 \times 564 (Y - 16) \\ - 299 \times 219 \times 564 \times 1000 \times (Cr - 128) \\ - 114 \times 219 \times 713 \times 1000 \times (Cb - 128) \end{array} \right] \times 255 + 219 \times 713 \times 224 \times 587 \times 564 / 2}{219 \times 713 \times 224 \times 587 \times 564} \right\rfloor$$

$$B = \left\lfloor \frac{[219 \times 1000 \times (Cb - 128) + 564 \times 224 \times (Y - 16)] \times 255 + 564 \times 224 \times 219 / 2}{564 \times 224 \times 219} \right\rfloor$$

なる色変換関数の整数演算により行うようにしたことを特徴とする請求項 15 記載の画像処理装置。

【請求項 17】

前記第一の単位系は分解能の低い第一の色空間であって、前記第二の単位系は前記第一の色空間より分解能の高い印刷系の第二の色空間であって、

前記データ形式可逆変換手段は、アナログの分解能の低い前記第一の色空間の量子化によるデジタル色変換を行う場合、前記第一の色空間を共通単位系に用いて、前記第二の色空間との間で、前記第一の色空間の第一のデータから前記第二の色空間の第二のデータへの逆変換、及び、該第二の色空間の該第二のデータから該第一の色空間の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第三のデータとが一致するように前記整数演算により可逆変換を行わせるようにしたことを特徴とする請求項 14 記載の画像処理装置。

【請求項 18】

前記第一の色空間の前記第一のデータは YCbCr データであって、前記第二の色空間の前記第二のデータは RGB データであって、前記第一の色空間の前記第三のデータは Y'Cb'Cr' データである場合、

前記データ形式可逆変換手段は、

前記第二の色空間の前記第二のデータから前記第一の色空間の前記第三のデータへの前記順変換を、分解能レベルの最大値を MAX として、請求項 16 における色変換関数の数 11 中の Y, M, C を $Y = MAX - B$, $M = MAX - G$, $C = MAX - R$ に置換えた整数演算により行い、

前記第一の色空間の前記第一のデータから前記第二の色空間の前記第二のデータへの前記逆変換を、分解能レベルの最大値を MAX として、請求項 16 における色変換関数の数 12 中の Y, M, C を $Y = MAX - B$, $M = MAX - G$, $C = MAX - R$ に置換えた整数演算により行うようにしたことを特徴とする請求項 17 記載の画像処理装置。

【請求項 19】

前記第一の単位系は分解能の低い第一の色空間であって、前記第二の単位系は前記第一の色空間より分解能の高い表示系の第二の色空間であり、

前記データ形式可逆変換手段は、アナログビデオ信号をデジタルデータに変換するデータ形式を規定した国際規格による色変換を行う場合、前記第一の色空間を共通単位系に用いて、前記第二の色空間との間で、前記第一の色空間の第一のデータから前記第二の色空間の第二のデータへの逆変換、及び、該第二の色空間の該第二のデータから該第一の色空間の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第三のデータとが一致するように前記整数演算により可逆変換を行わせるようにしたことを特徴とする請求項 14 記載の画像処理装置。

【請求項 20】

前記第一の色空間の前記第一のデータは YCbCr データであって、前記第二の色空間の前記第二のデータは量子化された R(d)G(d)B(d) データであって、前記第一の色空間の前記第三のデータは Y'Cb'Cr' データであって、該 Y(o)Cb(o)Cr(o) データから該 R(o)G(o)B(o) データへ変換後、該 Y(o)'Cb(o)'Cr(o)' データへ変換する場合、

前記データ形式可逆変換手段は、アナログ R(a)G(a)B(a) データから前記 YCbCr データへの変換を、

【数 13】

$$Y = \left\lfloor \frac{219 \times (77 \times R(a) + 150 \times G(a) + 29 \times B(a)) + 16 \times 256 \times 256 + 256 \times 128}{256 \times 256} \right\rfloor$$

$$Cb = \left\lfloor \frac{219 \times (-44 \times R(a) - 87 \times G(a) + 131 \times B(a)) + 128 \times 256 \times 256 + 256 \times 128}{256 \times 256} \right\rfloor$$

$$Cr = \left\lfloor \frac{219 \times (131 \times R(a) - 110 \times G(a) - 21 \times B(a)) + 128 \times 256 \times 256 + 256 \times 128}{256 \times 256} \right\rfloor$$

なる色変換関数を実行することによって得られた前記 YCbCr データの前記 R(d)G(d)B(d) データへの順変換を、

【数 1 4】

$$R(d) = \left\lfloor \frac{(16772821 \times Y + 22904709 \times Cr - 41320 \times Cb - 2926513792) \times 2 + 16772821}{16772821 \times 2} \right\rfloor$$

$$G(d) = \left\lfloor \frac{(470873 \times Y - 329527 \times Cr - 157064 \times Cb + 62283648) \times 2 + 470873}{470873 \times 2} \right\rfloor$$

$$B(d) = \left\lfloor \frac{(16772821 \times Y - 102267 \times Cr + 29047960 \times Cb - 3705048704) \times 2 + 16772821}{16772821 \times 2} \right\rfloor$$

なる色変換関数の整数演算により行い、

R (d) G (d) B (d) データから前記 Y ' C b ' C r ' データへの前記逆変換を
【数 1 5】

$$Y' = \left\lfloor \frac{77 \times R(d) + 150 \times G(d) + 29 \times B(d) + 128}{256} \right\rfloor$$

$$Cb' = \left\lfloor \frac{-44 \times R(d) - 87 \times G(d) + 131 \times B(d) + 128 \times 256 + 128}{256} \right\rfloor$$

$$Cr' = \left\lfloor \frac{131 \times R(d) - 110 \times G(d) - 21 \times B(d) + 128 \times 256 + 128}{256} \right\rfloor$$

なる色変換関数の整数演算により行うようにしたことを特徴とする請求項 1 9 記載の画像処理装置。

【請求項 2 1】

前記第一の単位系は分解能の低い第一の色空間であって、前記第二の単位系は前記第一の色空間より分解能の高い表示系の第二の色空間であり、

前記データ形式可逆変換手段は、輝度及び色差を基調とするオリジナル色の色変換を行う場合、前記第一の色空間を共通単位系に用いて、前記第二の色空間との間で、前記第一の色空間の第一のデータから前記第二の色空間の第二のデータへの逆変換、及び、該第二の色空間の該第二のデータから該第一の色空間の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第二のデータとが一致するように前記整数演算により可逆変換を行わせるようにしたことを特徴とする請求項 1 4 記載の画像処理装置。

【請求項 2 2】

前記第一の色空間の前記第一のデータは Y (o) C b (o) C r (o) データであって、前記第二の色空間の前記第二のデータは R (o) G (o) B (o) データであって、前記第一の色空間の前記第三のデータは Y (o) ' C b (o) ' C r (o) ' データであって、該 Y (o) C b (o) C r (o) データから該 R (o) G (o) B (o) データへ変換後、該 Y (o) ' C b (o) ' C r (o) ' データへ変換する場合、

前記データ形式可逆変換手段は、

前記 R (o) G (o) B (o) データから前記第一の色空間の前記 Y (o) ' Cb (o) ' Cr (o) データへの前記順変換を、

【数 1 6】

$$Y(o) = \left\lfloor \frac{2 \times (x_M \times R(o) + (D - x_M - y_M) \times G(o) + y_M \times B(o)) + D}{2 \times D} \right\rfloor$$

$$Cb(o) = \left\lfloor \frac{\left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor \times 2 \times (D - y_M) - x_M \times R(o) - (D - x_M - y_M) \times G(o) + (D - y_M) \times (B(o) + 1)}{2 \times (D - y_M)} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor$$

$$Cr(o) = \left\lfloor \frac{\left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor \times 2 \times (D - x_M) + (D - x_M) \times (R(o) + 1) - (D - x_M - y_M) \times G(o) - y_M \times B(o)}{2 \times (D - x_M)} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor$$

なる色変換関数の整数演算により行い、

前記 Y (o) Cb (o) Cr (o) データから前記第二の色空間の前記 R (o) G (o) B (o) データへの前記逆変換を、

【数 1 7】

$$R(o) = \left\lfloor \frac{2 \times (D \times Y(o) + 2 \times (D - x_M) \times Cr(o)) + D}{2 \times D} \right\rfloor$$

$$G(o) = \left\lfloor \frac{2 \times ((D - x_M - y_M) \times D \times Y(o) - 2 \times y_M \times (D - y_M) \times Cb(o) - 2 \times x_M \times (D - x_M) \times Cr(o)) + (D - x_M - y_M) \times D}{2 \times (D - x_M - y_M) \times D} \right\rfloor$$

$$B(o) = \left\lfloor \frac{2 \times (D \times Y(o) + 2 \times (D - y_M) \times Cb(o)) + D}{2 \times D} \right\rfloor$$

なる色変換関数の整数演算により行うようにしたことを特徴とする請求項 21 記載の画像処理装置。

【請求項 23】

前記データ形式可逆変換手段は、輝度及び色差を基調とするオリジナル色の色変換が J P E G 2 0 0 0 アルゴリズムによるものであり、

前記第一の色空間の前記第一のデータは Y (o) Cb (o) Cr (o) データであって、前記第二の色空間の前記第二のデータは R (o) G (o) B (o) データであって、前記第一の色空間の前記第三のデータは Y (o) ' Cb (o) ' Cr (o) ' データであって、該 Y (o) Cb (o) Cr (o) データから該 R (o) G (o) B (o) データへ変換後、該 Y (o) ' Cb (o) ' Cr (o) ' データへ変換する場合、

前記 R G B データから前記第一の色空間の前記 Y (o) Cb (o) ' Cr (o) ' データへの前記順変換を、

【数 1 8】

$$Y(o) = \left\lfloor \frac{(299 \times R(o) + 587 \times G(o) + 114 \times B(o)) + 500}{1000} \right\rfloor$$

$$Cb(o) = \left\lfloor \frac{128 \times 2 \times 886 - 299 \times R(o) - 587 \times G(o) + 886 \times (B(o) + 1)}{2 \times 886} \right\rfloor - 128$$

$$Cr(o) = \left\lfloor \frac{128 \times 2 \times 701 + 701 \times (R(o) + 1) - 587 \times G(o) - 114 \times B(o)}{2 \times 701} \right\rfloor - 128$$

なる色変換関数の整数演算により行い、

前記 Y (o) C b (o) C r (o) データから前記第二の色空間の前記 R (o) G (o) B (o) データへの前記逆変換を、

【数 1 9】

$$R(o) = \left\lfloor \frac{(1000 \times Y(o) + 1402 \times Cr(o)) + 500}{1000} \right\rfloor$$

$$G(o) = \left\lfloor \frac{(587 \times 1000 \times Y(o) - 2 \times 114 \times 886 \times Cb(o) - 2 \times 299 \times 701 \times Cr(o)) + 587 \times 500}{587 \times 1000} \right\rfloor$$

$$B(o) = \left\lfloor \frac{(1000 \times Y(o) + 1772 \times Cb(o)) + 500}{1000} \right\rfloor$$

なる色変換関数の整数演算により行うようにしたことを特徴とする請求項 2 2 記載の画像処理装置。

【請求項 2 4】

前記データ形式可逆変換手段は、前記 R (o) G (o) B (o) データ及び前記 Y (o) C b (o) C r (o) データの使用範囲についてその最大値及び最小値を規制する制限を課すことを特徴とする請求項 2 2 又は 2 3 記載の画像処理装置。

【請求項 2 5】

前記第一の単位系はインチ系単位を用いる BMU の単位系であって、前記第二の単位系はメートル系単位を用いる 1 / 1 0 0 mm で示される単位系であり、

前記データ形式可逆変換手段は、

前記第一の単位系を共通単位系に用いて、前記第二の単位系との間で、前記第一の単位系の第一のデータから前記第二の単位系の第二のデータへの逆変換、及び、前記第二の単位系の該第二のデータから該前記第一の単位系の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第三のデータとが一致するように前記整数演算により可逆変換を行わせるようにしたことを特徴とする請求項 1 4 記載の画像処理装置。

【請求項 2 6】

前記データ形式可逆変換手段は、

前記 BMU の単位系で示される前記第一のデータから前記メートル系単位を用いる 1 / 1 0 0 mm で示される前記第二のデータへの変換後、更に、該 BMU の単位系で示される

前記第三のデータへの変換を、

【数 2 0】

$$\langle 1/100\text{mm系データ} \rangle = \lfloor (2540 \times \langle \text{BMU系データ} \rangle + 600) / 1200 \rfloor$$

$$\langle \text{BMU系データ} \rangle = \lfloor (1200 \times \langle 1/100\text{mm系データ} \rangle + 1270) / 2540 \rfloor$$

なる整数演算により行うようにしたことを特徴とする請求項 2 5 記載の画像処理装置。

【請求項 2 7】

前記整数演算は、2 のべき乗演算を用いて可逆なデータ変換を行うようにしたことを特徴とする請求項 1 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 2 8】

前記 R (o) G (o) B (o) データから前記第一の色空間の前記 Y (o) ' C b (o) ' C r (o) データへの前記順変換を、数 6 から導き出される 2 のべき乗を用いて示される

【数 2 1】

$$Y(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) + 1225 \times R(o) + 2404 \times G(o) + 467 \times B(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

$$Cb(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) - 691 \times R(o) - 1357 \times G(o) + 2^{11} \times B(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

$$Cr(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) - 2^{11} \times R(o) - 1715 \times G(o) - 333 \times B(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

によって行い、

前記 Y (o) C b (o) C r (o) データから前記第二の色空間の前記 R (o) G (o) B (o) データへの前記逆変換を、数 7 から導き出される 2 のべき乗を用いて示される

【数 2 2】

$$R(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) + 2^{12} \times Y(o) + 5743 \times Cr(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

$$G(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) + 2^{12} \times Y(o) - 1410 \times Cb(o) - 2925 \times Cr(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

$$B(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) + 2^{12} \times Y(o) + 7258 \times Cb(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

によって行うようにしたことを特徴とする請求項 10 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 2 9】

前記 2 のべき乗演算をビットシフトによって行うことを特徴とする請求項 2 7 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 3 0】

前記 R (o) G (o) B (o) データから前記第一の色空間の前記 Y (o) ' C b (o) ' C r (o) データへの前記順変換を、数 6 から導き出されるビットシフトを用いて示される

【数 2 3】

$$\begin{aligned} Y(o) &= (((128 \ll 12) + 1225 \times R(o) + 2404 \times G(o) + 467 \times B(o) + (1 \ll 11))) \gg 12 - 128; \\ Cb(o) &= (((128 \ll 12) - 691 \times R(o) - 1357 \times G(o) + 2048 \times B(o) + (1 \ll 11))) \gg 12 - 128; \\ Cr(o) &= (((128 \ll 12) - 2048 \times R(o) - 1715 \times G(o) - 333 \times B(o) + (1 \ll 11))) \gg 12 - 128; \end{aligned}$$

によって行い、

前記 Y (o) C b (o) C r (o) データから前記第二の色空間の前記 R (o) G (o) B (o) データへの前記逆変換を、数 7 から導き出されるビットシフトを用いて示される

【数 2 4】

$$\begin{aligned} R(o) &= (((128 \ll 12) + 4096 \times Y(o) + 5743 \times Cr(o) + (1 \ll 11))) \gg 12 - 128; \\ G(o) &= (((128 \ll 12) + 4096 \times Y(o) - 1410 \times Cb(o) - 2925 \times Cr(o) + (1 \ll 11))) \gg 12 - 128; \\ B(o) &= (((128 \ll 12) + 4096 \times Y(o) + 7258 \times Cb(o) + (1 \ll 11))) \gg 12 - 128; \end{aligned}$$

によって行うようにしたことを特徴とする請求項 2 8 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 3 1】

前記第一の単位系のデータから前記第二の単位系のデータへの変換、及び、該第二の単位系のデータから該第一の単位系のデータへの変換時に、小数点以下四捨五入をすることを特徴とする請求項 2 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 3 2】

前記第一の単位系のデータから前記第二の単位系のデータへの変換時には小数点以下四捨五入をし、該第二の単位系のデータから該第一の単位系のデータへの変換時には小数点以下五捨六入をすることを特徴とする請求項 2 記載のデータ形式可逆変換方法。

【請求項 3 3】

画像処理装置が備えるコンピュータにインストールされ、請求項 1 4 ないし 3 0 の何れか一記載のデータ形式変換手段の機能を前記コンピュータに実行させるデータ形式可逆変換用プログラム。

【請求項 3 4】

画像処理装置が備えるコンピュータにインストールされ、請求項 1 4 ないし 3 0 の何れか一記載のデータ形式変換手段の機能を前記コンピュータに実行させるデータ形式可逆変換用プログラムが格納されたコンピュータ読取り可能な記憶媒体。

【書類名】明細書

【発明の名称】データ形式可逆変換方法、画像処理装置、データ形式可逆変換用プログラム及び記憶媒体

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像データの変換処理、特に色空間を利用する可逆／非可逆圧縮・伸長システムなどにおける色空間変換処理等を扱うデータ形式可逆変換方法、画像処理装置、データ形式可逆変換用プログラム及び記憶媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

色空間は、3次元又はより高次元のベクトル空間内の一つの領域である。何らかの基底、例えば3つの1次独立な3次元ベクトルで色座標系を定義する。一般に利用されている色座標系は、R（赤）、G（緑）及びB（青）を各々の中心波長によって定義したものである。或る3次元色座標系が与えられたとき、それ以外の3次元線形色座標系を可逆な（正則の） 3×3 行列によって表現できる。

【0003】

ところで、様々な理由で様々な色座標系（色空間）が定義されている。例えば、データをモニタに表示する場合、殆どのデジタルカラー画像は、R、G、B座標系を用い、例えば8ビット／座標の固定レンジとするのが好都合である。色の非相関性を要求する用途、例えば圧縮の場合には、R、G、Bは最適というにはほど遠く、Y、I、Qのような他の色座標の方が適している。他の色座標としては、YUVとYCbCrもある。これらの反対色座標系は全て輝度とクロミナンスの分離、即ち、関連した明るさにおいて、特性又は色の見え方の変化と同一輝度でのクロミナンスの変化の見え方の分離を良くしようとしている。

【0004】

また、印刷向け画像については、時にはCMY（シアン、マゼンタ、イエロー）のような減法混色系が用いられ、用途によっては、CMYK（シアン、マゼンタ、イエロー、黒）のような超完備の4次元色空間が用いられる。

【0005】

ところで、データ圧縮は、大量のデータの記憶及び伝送のために極めて有用な手段である。例えば、文書のファクシミリ送信のような画像伝送に要する時間は、圧縮を利用して、その画像の再生に必要なビット数を減らすと、著しく短縮される。

【0006】

従来より、多くの様々なデータ圧縮手法が存在している。圧縮手法は、おおまかに分類すると2つのカテゴリー、つまり、非可逆符号化と可逆符号化とに分けることができる。非可逆符号化とは、情報の損失が生じ、従って元のデータの完全な再現が保証されない符号化のことである。非可逆圧縮の目標とするところは、元のデータから変わったとしても、その変化が不快であつたり目立ったりしないようにすることである。可逆圧縮では、情報は全て保存され、データは完全に復元可能な方法で圧縮される。

【0007】

可逆圧縮では、入力したシンボル若しくは輝度データが出力符号語に変換される。入力としては、画像データ、音声データ、1次元データ（例えば、時間的に変化するデータ）、2次元データ（例えば、2つの空間軸方向に変化するデータ）、或いは多次元／多スペクトルのデータがある。圧縮がうまくいけば、その符号語は、入力シンボル（又は輝度データ）の数より少ないビット数で表現される。可逆符号化法には、辞書符号化方式（例えば、Lempel-Ziv方式）、ランレングス符号化方式、算術符号化方式、エントロピー符号化方式がある。可逆画像圧縮の場合、圧縮の基本は予測又は文脈と符号化である。ファクシミリ圧縮用のJBIG標準と、連続階調画像用のDPCM（差分パルス符号変調-JPEG標準のオプション）は画像用の可逆圧縮の例である。非可逆圧縮では、入力シンボル又は輝度データは、量子化された後に出力符号語へ変換される。量子化する目的

は、データの重要な特徴量を保存する一方で、重要度の小さいデータを除去することである。非可逆圧縮システムは、量子化に先立ち、エネルギー集中をするため変換を利用することが多い。ベースライン J P E G は画像データ用の非可逆符号化法の一例である。

【0008】

従来より、非可逆圧縮のために色座標間変換が量子化とともに利用されてきた。可逆システムや可逆／非可逆システムの或るものでは、主たる必要条件は変換の可逆性と効率である。他の可逆／非可逆システムでは、可逆変換の効率の他に、色の非相関も一つのファクターであり、例えば、 3×3 行列は非可逆圧縮にしか使えない。なぜなら、その成分が非整数であるので、非相関を要求される場合には、圧縮と伸長を繰返す間に誤差が加わるからである。

【0009】

色空間変換を行う時に、計算精度の問題が起こる。例えば、8 ビットが入力される場合、必要な変換空間は通常 10 ビット又は 11 ビットであり、内部計算にはさらに高い精度が必要であり、それでやっと安定な色空間を得られる。十分な精度で、或る処理を繰返し適用し、画像を R G B 色空間から変換して圧縮し、次に伸長して R G B に戻すと、その結果は誤差が累積したものであるため、元の色と最終的な色とが一致しないことがある。これは、色ずれと呼ばれ、色空間が不安定であることから生じるものである。

【0010】

このようなことから、予測可能な精度の整数演算により可逆な色空間変換を可能にした提案例がある（例えば、特許文献 1，2 参照）。

【0011】

また、J P E G フォーマットで圧縮された画像を伸長した後、高速且つ低コストでフルカラー画像に変換することができる色変換処理方法として、入力カラー画像を明るさ成分とクロミナンス成分とに分離し、クロミナンス成分を用いて、明るさ成分を入力として出力色空間値を出力とする色変換数を求め、明るさ成分を色変換関数に適用して色変換することにより、ある所定の色空間の入力色を別の色空間の出力色に変換できるようにした提案例がある（例えば、特許文献 3 参照）。

【特許文献 1】特開平 9-6952 号公報

【特許文献 2】特開平 11-219428 号公報

【特許文献 3】特開 2000-175061 公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

特許文献 1，2 の場合、整数演算による可逆な色変換であり、変換と逆変換とを繰返しても誤差は累積しないが、予測可能な精度で可逆な色変換を行うものであって、簡易的なデータ変換に留まるものである。

【0013】

また、特許文献 3 の場合、高速に色変換処理を行うことができ、かつ、演算量が少ない低コストな色変換処理を実現できるが、変換精度を上げるものではない。

【0014】

つまり、J P E G や J P E G 2000 においては、前述のように圧縮処理する対象の画像を Y C b C r（Y：輝度，C b：B 系色差，C r：R 系色差）データで扱い、また、画面表示や印刷展開処理においては、R G B や Y M C（或いは、Y M C K）で扱うことが多く、両者の互換性を取ることが大きい課題となっている。特に、改ざん防止用の電子透かしや暗号としての電子透かしを埋め込む場合に、両者のデータ変換を行っても、消滅しないことが必要であり、画像データ変換の互換性を保つことが、解決の鍵を握っている。特に、可逆圧縮符号化・伸長が可能な J P E G 2000 においても、色空間の変換である R G B・Y C b C r 色変換は非可逆な色変換とされており、特許文献 1，2 のような簡易なデータ変換ではない根本的な色変換が画質保証のために必要不可欠となっている。

【0015】

また、このような色空間の変換だけでなく、画像データの長さに関しても変換の問題が生ずる場合がある。例えば、パソコンではデータをmm単位系で扱うのに対して、プリンタではデータをインチ単位系で扱うことが多く、両データ間の変換処理において可逆性がなくずれたままであると、ページ位置がずれてしまうようなことも生ずる。

【0016】

本発明の目的は、分解能レベルが異なる単位系間、特に色空間の異なる単位系間でデータを相互に順変換、逆変換する際に完全復元可能な可逆変換を実現することである。

【0017】

本発明の目的は、非可逆な色変換とされているJ P E G 2 0 0 0の色変換を可逆に改善することである。

【課題を解決するための手段】

【0018】

請求項1記載の発明のデータ形式可逆変換方法は、分解能レベルが異なる単位系間でデータを相互に順変換及び逆変換するデータ形式化逆変換方法であって、

順変換及び逆変換に際して分解能レベルの低い第一の単位系を共通単位系に用いて、分解能レベルの低い該第一の単位系のデータと、該第一の単位系より分解能レベルの高い第二の単位系のデータとの整数演算により可逆なデータ変換を行うようにした。

【0019】

従って、順変換及び逆変換に際して分解能レベルの低い方の単位系を共通単位系に用いて分解能レベルの異なる単位系間のデータの整数演算によりデータ変換を行わせることにより、分解能レベルの高い方の単位系は十分に対応できるため、完全に復元可能な可逆変換を実現できる。

【0020】

請求項2記載の発明は、前記第一の単位系は分解能の低い第一の色空間であって、前記第二の単位系は前記第一の色空間より分解能の高い表示系の第二の色空間であり、アナログの分解能の低い前記第一の色空間の量子化によるデジタル色変換を行う場合、前記第一の色空間を共通単位系に用いて、前記第二の色空間との間で、前記第一の色空間の第一のデータから前記第二の色空間の第二のデータへの逆変換、及び、該第二の色空間の該第二のデータから該第一の色空間の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第三のデータとが一致するように前記整数演算により可逆なデータ変換を行わせるようにした。

【0021】

従って、特に色空間RGBなる単位系と色空間YCbCrなる単位系との間のアナログY、Cb、Cr信号の量子化によるデジタル色変換に関して、分解能の低い色空間YCbCrなる単位系を共通単位系に用いることにより、分解能レベルの高い方の色空間RGBなる単位系は十分に対応できるため、完全に復元可能な色空間の可逆変換を実現できる。

【0022】

請求項3記載の発明は、前記第一の色空間の前記第一のデータはYCbCrデータであって、前記第二の色空間の前記第二のデータはRGBデータであって、前記第一の色空間の前記第三のデータはY'Cb'Cr'データであって、該YCbCrデータから該RGBデータへ変換後、該Y'Cb'Cr'データへ変換する場合、

前記RGBデータから前記第一の色空間の前記Y'Cb'Cr'データへの前記順変換を、

【0023】

【数 2 5】

$$Y = \left\lfloor \frac{219 \times (299 \times R + 587 \times G + 114 \times B) + 16 \times 255 \times 1000 + 255 \times 1000 / 2}{255 \times 1000} \right\rfloor \ast$$

$$Cb = \left\lfloor \frac{224 \times 564 \times (-299 \times R - 587 \times G + 886 \times B) + 128 \times 255 \times 1000 \times 1000 + 255 \times 1000 \times 1000 / 2}{255 \times 1000 \times 1000} \right\rfloor$$

$$Cr = \left\lfloor \frac{224 \times 713 \times (701 \times R - 587 \times G - 114 \times B) + 128 \times 255 \times 1000 \times 1000 + 255 \times 1000 \times 1000 / 2}{255 \times 1000 \times 1000} \right\rfloor$$

※ $\lfloor \rfloor$: 小数部切捨て用演算を表す鍵括弧。以下同様。

なる色変換関数の整数演算により行い、
前記 Y C b C r データから前記第二の色空間の前記 R G B データへの前記逆変換を、

【0 0 2 4】

【数 2 6】

$$R = \left\lfloor \frac{[219 \times 1000 \times (Cr - 128) + 713 \times 224 \times (Y - 16)] \times 255 + 713 \times 224 \times 219 / 2}{713 \times 224 \times 219} \right\rfloor$$

$$G = \left\lfloor \frac{\left[\begin{array}{l} 713 \times 224 \times 587 \times 564 (Y - 16) \\ - 299 \times 219 \times 564 \times 1000 \times (Cr - 128) \\ - 114 \times 219 \times 713 \times 1000 \times (Cb - 128) \end{array} \right] \times 255 + 219 \times 713 \times 224 \times 587 \times 564 / 2}{219 \times 713 \times 224 \times 587 \times 564} \right\rfloor$$

$$B = \left\lfloor \frac{[219 \times 1000 \times (Cb - 128) + 564 \times 224 \times (Y - 16)] \times 255 + 564 \times 224 \times 219 / 2}{564 \times 224 \times 219} \right\rfloor$$

なる色変換関数の整数演算により行うようにした。

【0 0 2 5】

従って、所定の色変換関数を用いることにより、請求項 2 記載の発明を容易に実現できる。

【0 0 2 6】

請求項 4 記載の発明は、請求項 1 記載のデータ形式可逆変換方法において、前記第一の単位系は分解能の低い第一の色空間であって、前記第二の単位系は前記第一の色空間より分解能の高い印刷系の第二の色空間であって、

アナログの分解能の低い前記第一の色空間の量子化によるデジタル色変換を行う場合、前記第一の色空間を共通単位系に用いて、前記第二の色空間との間で、前記第一の色空間の第一のデータから前記第二の色空間の第二のデータへの逆変換、及び、該第二の色空間

の該第二のデータから該第一の色空間の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第三のデータとが一致するように前記整数演算により可逆変換を行わせるようにした。

【0027】

従って、色空間 YMC なる印刷系の単位系を対象とする場合も、請求項 2 記載の発明と同様に、完全に復元可能な色空間の可逆変換を実現できる。

【0028】

請求項 5 記載の発明は、請求項 4 記載のデータ形式可逆変換方法において、

前記第一の色空間の前記第一のデータは YCbCr データであって、前記第二の色空間の前記第二のデータは RGB データであって、前記第一の色空間の前記第三のデータは Y'Cb'Cr' データであって、該 YCbCr データから該 RGB データへ変換後、該 Y'Cb'Cr' データへ変換する場合、

前記第二の色空間の前記第二のデータから前記第一の色空間の前記第三のデータへの前記順変換を、分解能レベルの最大値を MAX として、請求項 3 における色変換関数の数 21 中の Y, M, C を $Y = MAX - B$, $M = MAX - G$, $C = MAX - R$ に置換えた整数演算により行い、

前記第一の色空間の前記第一のデータから前記第二の色空間の前記第二のデータへの前記逆変換を、分解能レベルの最大値を MAX として、請求項 3 における色変換関数の数 22 中の Y, M, C を $Y = MAX - B$, $M = MAX - G$, $C = MAX - R$ に置換えた整数演算により行うようにした

従って、所定の色変換関数を用いることにより、請求項 4 記載の発明を容易に実現できる。

【0029】

請求項 6 記載の発明は、請求項 1 記載のデータ形式可逆変換方法において、前記第一の単位系は分解能の低い第一の色空間であって、前記第二の単位系は前記第一の色空間より分解能の高い表示系の第二の色空間であり、

アナログビデオ信号をデジタルデータに変換するデータ形式を規定した国際規格による色変換を行う場合、前記第一の色空間を共通単位系に用いて、前記第二の色空間との間で、前記第一の色空間の第一のデータから前記第二の色空間の第二のデータへの逆変換、及び、該第二の色空間の該第二のデータから該第一の色空間の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第三のデータとが一致するように前記整数演算により可逆変換を行わせるようにした。

【0030】

従って、特に色空間 RGB なる単位系と色空間 YCbCr なる単位系との間のアナログビデオ信号をデジタルデータに変換するデータ形式を規定した国際規格による色変換に関して、分解能の低い色空間 YCbCr なる単位系を共通単位系に用いることにより、分解能レベルの高い方の色空間 RGB なる単位系は十分に対応できるため、完全に復元可能な色空間の可逆変換を実現できる。

【0031】

請求項 7 記載の発明は、請求項 6 記載のデータ形式可逆変換方法において、

前記第一の色空間の前記第一のデータは YCbCr データであって、前記第二の色空間の前記第二のデータは量子化された R(d)G(d)B(d) データであって、前記第一の色空間の前記第三のデータは Y'Cb'Cr' データであって、該 YCbCr データから該 R(d)G(d)B(d) データへ変換後、該 Y'Cb'Cr' データへ変換する場合、

アナログ R(a)G(a)B(a) データから前記 YCbCr データへの変換を、

【0032】

【数 27】

$$Y = \left\lfloor \frac{219 \times (77 \times R(a) + 150 \times G(a) + 29 \times B(a)) + 16 \times 256 \times 256 + 256 \times 128}{256 \times 256} \right\rfloor$$

$$Cb = \left\lfloor \frac{219 \times (-44 \times R(a) - 87 \times G(a) + 131 \times B(a)) + 128 \times 256 \times 256 + 256 \times 128}{256 \times 256} \right\rfloor$$

$$Cr = \left\lfloor \frac{219 \times (131 \times R(a) - 110 \times G(a) - 21 \times B(a)) + 128 \times 256 \times 256 + 256 \times 128}{256 \times 256} \right\rfloor$$

なる色変換関数を実行することによって得られた前記 Y C b C r データの前記 R (d) G (d) B (d) データへの前記順変換を、

【0033】

【数 28】

$$R(d) = \left\lfloor \frac{(16772821 \times Y + 22904709 \times Cr - 41320 \times Cb - 2926513792) \times 2 + 16772821}{16772821 \times 2} \right\rfloor$$

$$G(d) = \left\lfloor \frac{(470873 \times Y - 329527 \times Cr - 157064 \times Cb + 62283648) \times 2 + 470873}{470873 \times 2} \right\rfloor$$

$$B(d) = \left\lfloor \frac{(16772821 \times Y - 102267 \times Cr + 29047960 \times Cb - 3705048704) \times 2 + 16772821}{16772821 \times 2} \right\rfloor$$

なる色変換関数の整数演算により行い、

R (d) G (d) B (d) データから前記 Y' C b' C r' データへの前記逆変換を

【0034】

【数 29】

$$Y' = \left\lfloor \frac{77 \times R(d) + 150 \times G(d) + 29 \times B(d) + 128}{256} \right\rfloor$$

$$Cb' = \left\lfloor \frac{-44 \times R(d) - 87 \times G(d) + 131 \times B(d) + 128 \times 256 + 128}{256} \right\rfloor$$

$$Cr' = \left\lfloor \frac{131 \times R(d) - 110 \times G(d) - 21 \times B(d) + 128 \times 256 + 128}{256} \right\rfloor$$

なる色変換関数の整数演算により行うようにした。

【0035】

従って、所定の色変換関数を用いることにより、請求項6記載の発明を容易に実現できる。

【0036】

請求項8記載の発明は、請求項1記載のデータ形式可逆変換方法において、前記第一の単位系は分解能の低い第一の色空間であって、前記第二の単位系は前記第一の色空間より分解能の高い表示系の第二の色空間であり、

輝度及び色差を基調とするオリジナル色の色変換を行う場合、前記第一の色空間を共通単位系に用いて、前記第二の色空間との間で、前記第一の色空間の第一のデータから前記第二の色空間の第二のデータへの逆変換、及び、該第二の色空間の該第二のデータから該第一の色空間の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第二のデータとが一致するように

前記整数演算により可逆変換を行わせるようにした。

【0037】

従って、特に色空間RGBなる単位系と色空間YCbCrなる単位系との間の輝度及び色差を基調とするオリジナル色の色変換に関して、分解能の低い色空間YCbCrなる単位系を共通単位系に用いることにより、分解能レベルの高い方の色空間RGBなる単位系は十分に対応できるため、完全に復元可能な色空間の可逆変換を実現できる。

【0038】

請求項9記載の発明は、請求項8記載のデータ形式可逆変換方法において、前記第一の色空間の前記第一のデータはY(o)Cb(o)Cr(o)データであって、前記第二の色空間の前記第二のデータはR(o)G(o)B(o)データであって、前記第一の色空間の前記第三のデータはY(o)'Cb(o)'Cr(o)'データであって、該Y(o)Cb(o)Cr(o)データから該R(o)G(o)B(o)データへ変換後、該Y(o)'Cb(o)'Cr(o)'データへ変換する場合、

前記R(o)G(o)B(o)データから前記第一の色空間の前記Y(o)'Cb(o)'Cr(o)'データへの前記順変換を、

【0039】

【数30】

$$\begin{aligned}
 Y(o) &= \left\lfloor \frac{2 \times (x_M \times R(o) + (D - x_M - y_M) \times G(o) + y_M \times B(o)) + D}{2 \times D} \right\rfloor \\
 Cb(o) &= \left\lfloor \frac{\left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor \times 2 \times (D - y_M) - x_M \times R(o) - (D - x_M - y_M) \times G(o) + (D - y_M) \times (B(o) + 1)}{2 \times (D - y_M)} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor \\
 Cr(o) &= \left\lfloor \frac{\left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor \times 2 \times (D - x_M) + (D - x_M) \times (R(o) + 1) - (D - x_M - y_M) \times G(o) - y_M \times B(o)}{2 \times (D - x_M)} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor
 \end{aligned}$$

なる色変換関数の整数演算により行い、

前記Y(o)Cb(o)Cr(o)データから前記第二の色空間の前記R(o)G(o)B(o)データへの前記逆変換を、

【0040】

【数 3 1】

$$\begin{aligned}
 R(o) &= \left\lfloor \frac{2 \times (D \times Y(o) + 2 \times (D - x_M) \times Cr(o)) + D}{2 \times D} \right\rfloor \\
 G(o) &= \left\lfloor \frac{2 \times ((D - x_M - y_M) \times D \times Y(o) - 2 \times y_M \times (D - y_M) \times Cb(o) - 2 \times x_M \times (D - x_M) \times Cr(o)) + (D - x_M - y_M) \times D}{2 \times (D - x_M - y_M) \times D} \right\rfloor \\
 B(o) &= \left\lfloor \frac{2 \times (D \times Y(o) + 2 \times (D - y_M) \times Cb(o)) + D}{2 \times D} \right\rfloor
 \end{aligned}$$

なる色変換関数の整数演算により行うようにした。

【0041】

従って、所定の色変換関数を用いることにより、請求項8記載の発明を容易に実現できる。

【0042】

請求項10記載の発明は、請求項9記載のデータ形式可逆変換方法において、輝度及び色差を基調とするオリジナル色の色変換がJPEG2000アルゴリズムによるものであり、

前記第一の色空間の前記第一のデータはY(o)Cb(o)Cr(o)データであって、前記第二の色空間の前記第二のデータはR(o)G(o)B(o)データであって、前記第一の色空間の前記第三のデータはY(o)'Cb(o)'Cr(o)'データであって、該Y(o)Cb(o)Cr(o)データから該R(o)G(o)B(o)データへ変換後、該Y(o)'Cb(o)'Cr(o)'データへ変換する場合、

前記RGBデータから前記第一の色空間の前記Y(o)Cb(o)'Cr(o)'データへの前記順変換を、

【0043】

【数 3 2】

$$\begin{aligned}
 Y(o) &= \left\lfloor \frac{(299 \times R(o) + 587 \times G(o) + 114 \times B(o)) + 500}{1000} \right\rfloor \\
 Cb(o) &= \left\lfloor \frac{128 \times 2 \times 886 - 299 \times R(o) - 587 \times G(o) + 886 \times (B(o) + 1)}{2 \times 886} \right\rfloor - 128 \\
 Cr(o) &= \left\lfloor \frac{128 \times 2 \times 701 + 701 \times (R(o) + 1) - 587 \times G(o) - 114 \times B(o)}{2 \times 701} \right\rfloor - 128
 \end{aligned}$$

なる色変換関数の整数演算により行い、

前記Y(o)Cb(o)Cr(o)データから前記第二の色空間の前記R(o)G(o)B(o)データへの前記逆変換を、

【0044】

【数 3 3】

$$R(o) = \left\lfloor \frac{(1000 \times Y(o) + 1402 \times Cr(o)) + 500}{1000} \right\rfloor$$

$$G(o) = \left\lfloor \frac{(587 \times 1000 \times Y(o) - 2 \times 114 \times 886 \times Cb(o) - 2 \times 299 \times 701 \times Cr(o)) + 587 \times 500}{587 \times 1000} \right\rfloor$$

$$B(o) = \left\lfloor \frac{(1000 \times Y(o) + 1772 \times Cb(o)) + 500}{1000} \right\rfloor$$

なる色変換関数の整数演算により行うようにした。

【0045】

従って、所定の色変換関数を用いることにより、請求項9記載の発明をJPG2000アルゴリズムによる色空間の変換に容易に適用できる。

【0046】

請求項11記載の発明は、請求項9又は10記載のデータ形式可逆変換方法において、前記R(o)G(o)B(o)データ及び前記Y(o)Cb(o)Cr(o)データの使用範囲についてその最大値及び最小値を規制する制限を課す。

【0047】

従って、R(o)G(o)B(o)データ及びY(o)Cb(o)Cr(o)データの使用範囲について無制限であると色変換関数の範囲を超えてしまい完全に復元できない場合が生じ得るが、その最大値及び最小値を規制する制限を課すことにより、完全に復元する互換変換が可能となる。

【0048】

請求項12記載の発明は、請求項1記載のデータ形式可逆変換方法において、前記第一の単位系はインチ系単位を用いるBMUの単位系であって、前記第二の単位系はメートル系単位を用いる1/100mmで示される単位系であり、

前記第一の単位系を共通単位系に用いて、前記第二の単位系との間で、前記第一の単位系の第一のデータから前記第二の単位系の第二のデータへの逆変換、及び、前記第二の単位系の該第二のデータから該前記第一の単位系の第三のデータへの順変換を行う際に、該第一のデータと該第三のデータとが一致するように前記整数演算により可逆変換を行わせるようにした。

【0049】

従って、特にパソコンとプリンタとの間におけるようなインチ系単位を用いるBMU系データとメートル系単位を用いる1/100mm系データとの長さ変換に関して、分解能の低いBMU系を共通単位系に用いることにより、分解能レベルの高い方の1/100mm系は十分に対応できるため、完全に復元可能な長さデータの可逆変換を実現できる。

【0050】

請求項13記載の発明は、請求項12記載のデータ形式可逆変換方法において、前記BMUの単位系で示される前記第一のデータから前記メートル系単位を用いる1/100mmで示される前記第二のデータへの変換後、更に、該BMUの単位系で示される前記第三のデータへの変換を、

【0051】

【数 3 4】

$$\langle 1/100\text{mm系データ} \rangle = \lfloor (2540 \times \langle \text{BMU系データ} \rangle + 600) / 1200 \rfloor$$

$$\langle \text{BMU系データ} \rangle = \lfloor (1200 \times \langle 1/100\text{mm系データ} \rangle + 1270) / 2540 \rfloor$$

なる整数演算により行うようにした。

【0 0 5 2】

従って、所定の整数演算を用いることにより、請求項 1 2 記載の発明を容易に実現できる。

【0 0 5 3】

請求項 2 7 記載の発明は、請求項 1 記載のデータ形式可逆変換方法において、前記整数演算は、2 のべき乗演算を用いて可逆なデータ変換を行うようにした。

【0 0 5 4】

従って、2 のべき乗演算によって、コンピュータによる処理を高速にすることができる。

【0 0 5 5】

請求項 2 8 記載の発明は、請求項 1 0 記載のデータ形式可逆変換方法において、前記 R (o) G (o) B (o) データから前記第一の色空間の前記 Y (o) ' C b (o) ' C r (o) データへの前記順変換を、数 3 2 から導き出される 2 のべき乗を用いて示される

【0 0 5 6】

【数 3 5】

$$Y(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) + 1225 \times R(o) + 2404 \times G(o) + 467 \times B(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

$$Cb(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) - 691 \times R(o) - 1357 \times G(o) + 2^{11} \times B(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

$$Cr(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) - 2^{11} \times R(o) - 1715 \times G(o) - 333 \times B(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

によって行い、

前記 Y (o) C b (o) C r (o) データから前記第二の色空間の前記 R (o) G (o) B (o) データへの前記逆変換を、数 3 3 から導き出される 2 のべき乗を用いて示される

【0 0 5 7】

【数 3 6】

$$R(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) + 2^{12} \times Y(o) + 5743 \times Cr(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

$$G(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) + 2^{12} \times Y(o) - 1410 \times Cb(o) - 2925 \times Cr(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

$$B(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) + 2^{12} \times Y(o) + 7258 \times Cb(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

によって行うようにした。

【0 0 5 8】

従って、特に、割り算に 2 のべき乗演算を適用することによって、コンピュータによる処理を高速にすることができる。

【0 0 5 9】

請求項 2 9 記載の発明は、請求項 2 7 記載のデータ形式可逆変換方法において、前記 2 のべき乗演算をビットシフトによって行うようにした。

【0 0 6 0】

従って、演算処理をビット操作によって行うため、コンピュータによる処理を高速にすることができる。

【0 0 6 1】

請求項 3 0 記載の発明は、請求項 1 0 記載のデータ形式可逆変換方法において、前記 R (o) G (o) B (o) データから前記第一の色空間の前記 Y (o) ' C b (o) ' C r (o) データへの前記順変換を、数 3 2 から導き出されるビットシフトを用いて示される

【0 0 6 2】

【数 3 7】

$$Y(o) = (((128 \ll 12) + 1225 \times R(o) + 2404 \times G(o) + 467 \times B(o) + (1 \ll 11)) \gg 12) - 128;$$

$$Cb(o) = (((128 \ll 12) - 691 \times R(o) - 1357 \times G(o) + 2048 \times B(o) + (1 \ll 11)) \gg 12) - 128;$$

$$Cr(o) = (((128 \ll 12) - 2048 \times R(o) - 1715 \times G(o) - 333 \times B(o) + (1 \ll 11)) \gg 12) - 128;$$

によって行い、

前記 Y (o) C b (o) C r (o) データから前記第二の色空間の前記 R (o) G (o) B (o) データへの前記逆変換を、数 3 3 から導き出されるビットシフトを用いて示される

【0 0 6 3】

【数 3 8】

$$R(o) = (((128 \ll 12) + 4096 \times Y(o) + 5743 \times Cr(o) + (1 \ll 11))) \gg 12 - 128;$$

$$G(o) = (((128 \ll 12) + 4096 \times Y(o) - 1410 \times Cb(o) - 2925 \times Cr(o) + (1 \ll 11))) \gg 12 - 128;$$

$$B(o) = (((128 \ll 12) + 4096 \times Y(o) + 7258 \times Cb(o) + (1 \ll 11))) \gg 12 - 128;$$

によって行うようにした。従って、特に、割り算をビット操作によって行うことによって、コンピュータによる処理を高速にすることができる。

【0 0 6 4】

上記課題を解決するための手段として、本発明は、上記データ形式可逆変換方法での処理を実現する画像処理装置、上記データ形式可逆変換方法での処理を記憶したコンピュータ実行可能なプログラム及び該プログラムを記憶した記憶媒体とすることもできる。ここに、当該画像処理装置は、デジタルカメラ、デジタル複写機、MFP(複合機)等のような単独機に限らず、サーバ・クライアントシステム等のシステム構成のものも含む。

【発明の効果】

【0 0 6 5】

本発明によれば、順変換及び逆変換に際して分解能レベルの低い方の単位系を共通単位系に用いて分解能レベルの異なる単位系間のデータの整数演算によりデータ変換を行わせるようにしたので、分解能レベルの高い方の単位系は十分に対応できるため、完全に復元可能な可逆変換を実現することができる。

【0 0 6 6】

特に、色空間RGBなる単位系と色空間YCbCrなる単位系との間のアナログY, Cb, Cr信号の量子化によるデジタル色変換に関して、分解能の低い色空間YCbCrなる単位系を共通単位系に用いるようにしたので、分解能レベルの高い方の色空間RGBなる単位系は十分に対応できるため、完全に復元可能な色空間の可逆変換を実現することができる。

【0 0 6 7】

また、所定の色変換関数により、完全に復元可能な色空間の可逆変換を実現することができる。

【0 0 6 8】

更に、色空間YMCなる印刷系の単位系を対象とする場合も、完全に復元可能な色空間の可逆変換を実現することができる。

【0 0 6 9】

特に、色空間RGBなる単位系と色空間YCbCrなる単位系との間のアナログビデオ信号をデジタルデータに変換するデータ形式を規定した国際規格による色変換に関して、分解能の低い色空間YCbCrなる単位系を共通単位系に用いるようにしたので、分解能レベルの高い方の色空間RGBなる単位系は十分に対応できるため、完全に復元可能な色空間の可逆変換を実現することができる。

【0 0 7 0】

特に、色空間RGBなる単位系と色空間YCbCrなる単位系との間の輝度及び色差を基調とするオリジナル色の色変換に関して、分解能の低い色空間YCbCrなる単位系を共通単位系に用いるようにしたので、分解能レベルの高い方の色空間RGBなる単位系は十分に対応できるため、完全に復元可能な色空間の可逆変換を実現することができる。

【0 0 7 1】

また、R (o) G (o) B (o) データ及び Y (o) C b (o) C r (o) データの使用範囲について無制限であると色変換関数の範囲を超えてしまい完全に復元できない場合が生じ得るが、その最大値及び最小値を規制する制限を課すようにしたので、完全に復元する互換変換を行わせることができる。

【0072】

特に、パソコンとプリンタとの間におけるようなインチ系単位を用いる BMU 系データとメートル系単位を用いる 1/100 mm 系データとの長さ変換に関して、分解能の低い BMU 系を共通単位系に用いるようにしたので、分解能レベルの高い方の 1/100 mm 系は十分に対応できるため、完全に復元可能な長さデータの可逆変換を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0073】

本発明の一実施の形態を図面に基づいて説明する。なお、本発明は、カラーテレビ放送、デジタルビデオ、デジタルカメラ、デジタル複写機、MFP（複合機）、パソコンにおける各種画像処理アプリケーションソフト、プリンタ、スキャナ等の各種画像処理システム、画像処理機器等に適用可能であるが、本発明をいたずらに難解にしないため、これらの各種画像処理システム、画像処理機器等に関する説明、図示は必要最小限に留めるものとする。また、本発明によるデータ形式可逆変換方法は、これらの各種画像処理システム又は画像処理機器が備えるコンピュータにより実行されるプログラムや、当該プログラムが格納されてコンピュータにより読取り可能な各種記憶媒体によっても実現可能であるのはもちろんである。

【0074】

〔システム構成例〕

本発明は、その一例として、画像処理装置（各種画像処理システム又は画像処理機器）が備える符号化部と復号化部を持つ圧縮・伸長システムに組込むことができる。このようなシステム構成例を図 1 に示す。符号化部 1 は入力データを符号化して圧縮データを生成する働きをし、復号化部 2 は符号化されたデータを復号化して元の入力データの復元データを生成する働きをする。符号化部 1 においては、圧縮 5 に先立ち、或る色座標系 1 から別の色座標系 2 への色空間変換 4 が行われる。同様に、復号化部 2 では、伸長 6 の後で再び色座標系 2 から色座標系 1 への色空間変換 7 が行われる。

【0075】

この圧縮・伸長システムに対する入力データは、画像（静止画又は動画）、グラフィックスデータ等、色々なデータ形式のものでよい。一例では、入力データはデジタル信号データであるが、デジタル化されたアナログデータや、その他の形式のものも可能である。そのデータのソースは、符号化部 1 及び／又は復号化部 2 用のメモリ又は通信路 9 であることもある。このようなシステムは、可逆圧縮／伸長システムとすることも、非可逆圧縮／伸長を行うように構成することもできる。

【0076】

また、前述のように、符号化部及び／又は復号化部の構成要素は、ハードウェアで実現しても、ソフトウェアによって実現しても、両者の組合せによって実現してもよい。色空間変換 4、7 がデータ形式可逆変換手段又はその機能として、以下のように実行される。

【0077】

〔アナログ型互換色変換への適用例〕

本発明の実施の形態の一つとして、アナログ Y, C b, C r 信号（Y：輝度、C b：B 系色差、C r：R 系色差）の量子化によるデジタル色変換への適用例を説明する。本実施の形態では、色空間 RGB なる単位系と色空間 Y C b C r なる単位系との間のアナログ Y, C b, C r 信号の量子化によるデジタル色変換に関して、分解能の低い色空間 Y C b C r なる単位系を共通単位系に用いて色空間 RGB なる単位系との整数演算による互換性を保つようにしたものである。即ち、色空間 Y C b C r なる単位系を共通単位系に用いて、色空間 RGB なる表示系の単位系との間で、

YCbCr データ → RGB データ → Y'Cb'Cr' データ
 なる逆変換及び順変換のデータ変換を順次行う際に、 $Y=Y'$ ， $Cb=Cb'$ ， $Cr=Cr'$ を満たすように整数演算により可逆なデータ変換を行わせるものであり、このような YCbCr データ → RGB データ → Y'Cb'Cr' データなる逆変換及び順変換のデータ変換を行う上で、RGB データ → Y'Cb'Cr' データ側の順変換を行う色変換関数と、YCbCr データ → RGB データ側の逆変換を行う色変換関数とを見出したものである。なお、本実施の形態で用いる色空間 RGB の各成分値 R，G，B は各々独立して 2 ～ 253 の値（8 ビット）を取り得るものとする。

【0078】

まず、RGB データ → YCbCr データ変換としては、カラーテレビ放送等で規定されているアナログビデオ信号をデジタルデータに変換する際のデータ形式を規定した国際規格である ITU-R BT. 601 に記載されているアナログ Y，Cb，Cr 信号の量子化によるデジタル色変換式への適用例とする。このデジタル色変換式に関して、従来は、

【0079】

【数 39】

$$Y = 219 \times \left[0.299 \times \frac{R}{255} + 0.587 \times \frac{G}{255} + 0.114 \times \frac{B}{255} \right] + 16$$

$$Cb = 224 \times \left[0.564 \times \left(-0.299 \times \frac{R}{255} - 0.587 \times \frac{G}{255} + 0.886 \times \frac{B}{255} \right) \right] + 128$$

$$Cr = 224 \times \left[0.713 \times \left(0.701 \times \frac{R}{255} - 0.587 \times \frac{G}{255} - 0.114 \times \frac{B}{255} \right) \right] + 128$$

で示す実数演算による変換処理が用いられていた。しかしながら、コンピュータで数 39 を演算処理した場合、四則演算によるオーバーフローによって誤差が生じてしまう。これに対して、本実施の形態では、RGB データ → YCbCr データ変換に関しては、数 39 に代えて、

【0080】

【数 40】

$$Y = \left\lfloor \frac{219 \times (299 \times R + 587 \times G + 114 \times B) + 16 \times 255 \times 1000 + 255 \times 1000 / 2}{255 \times 1000} \right\rfloor \times$$

$$Cb = \left\lfloor \frac{224 \times 564 \times (-299 \times R - 587 \times G + 886 \times B) + 128 \times 255 \times 1000 \times 1000 + 255 \times 1000 \times 1000 / 2}{255 \times 1000 \times 1000} \right\rfloor$$

$$Cr = \left\lfloor \frac{224 \times 713 \times (701 \times R - 587 \times G - 114 \times B) + 128 \times 255 \times 1000 \times 1000 + 255 \times 1000 \times 1000 / 2}{255 \times 1000 \times 1000} \right\rfloor$$

※ []: 小数部切捨て用演算を表す鍵括弧。以下同様。

で示す色変換関数の整数演算により行わせるものである。

【0081】

数 40 では、オーバーフローが起きなければ誤差が生じない加算及び乗算処理をなるべく最初に行うようにし、オーバーフローを発生し易く、また、誤差を生じ易い除算処理を

なるべく最後に行うように工夫してある。また、分母の半分を加算した後に小数部切捨てる演算処理を実行することによって四捨五入をしている。

【0082】

つまり、数40のYデータ変換式において、分母の1/2を示す $255 \times 1000 / 2$ を分子に加算した後、分母の 255×1000 で割り算し、小数部切捨てるを行う。数40のCb及びCrデータ変換式では、分母の1/2を示す $255 \times 1000 \times 1000 / 2$ を分子に加算した後、分子での演算結果を分母の $255 \times 1000 \times 1000$ で割り算し、小数部切捨てるを行う。

【0083】

このような数40による演算処理では、整数で演算処理をすることができ、かつ、演算結果を整数で取得することが可能となる。

【0084】

一方、YCbCrデータ←RGBデータ変換としても、国際規格ITU-R BT. 601に記載されているアナログY, Cb, Cr信号の量子化によるデジタル色変換式への適用例とする。このデジタル色変換式に関して、従来は、

【0085】

【数41】

$$\begin{aligned} R &= \left[\frac{Cr-128}{0.713 \times 224} + \frac{Y-16}{219} \right] \times 255 \\ G &= \left[\frac{Y-16}{219} - \frac{0.299 \times (Cr-128)}{0.713 \times 224 \times 0.587} - \frac{0.114 \times (Cb-128)}{0.564 \times 224 \times 0.587} \right] \times 255 \\ B &= \left[\frac{Cb-128}{0.564 \times 224} + \frac{Y-16}{219} \right] \times 255 \end{aligned}$$

で示す実数演算による変換処理が用いられていた。しかしながら、コンピュータで数41を演算処理した場合、四則演算によるオーバーフローによって誤差が生じてしまう。これに対して、本実施の形態では、YCbCrデータ←RGBデータ変換に関しては、数41に代えて、

【0086】

【数 4 2】

$$\begin{aligned}
 R &= \left\lfloor \frac{[219 \times 1000 \times (Cr - 128) + 713 \times 224 \times (Y - 16)] \times 255 + 713 \times 224 \times 219 / 2}{713 \times 224 \times 219} \right\rfloor \\
 G &= \left\lfloor \frac{\begin{aligned} &[713 \times 224 \times 587 \times 564 (Y - 16) \\ &- 299 \times 219 \times 564 \times 1000 \times (Cr - 128) \\ &- 114 \times 219 \times 713 \times 1000 \times (Cb - 128)] \end{aligned} \times 255 + 219 \times 713 \times 224 \times 587 \times 564 / 2}{219 \times 713 \times 224 \times 587 \times 564} \right\rfloor \\
 B &= \left\lfloor \frac{[219 \times 1000 \times (Cb - 128) + 564 \times 224 \times (Y - 16)] \times 255 + 564 \times 224 \times 219 / 2}{564 \times 224 \times 219} \right\rfloor
 \end{aligned}$$

数 4 2 では、オーバーフローが起きなければ誤差が生じない加算及び乗算処理をなるべく最初に行うようにし、オーバーフローを発生し易く、また、誤差を生じ易い除算処理をなるべく最後に行うように工夫してある。また、分母の半分を加算した後に小数部切捨てる演算処理を実行することによって四捨五入をしている。

【0087】

つまり、数 4 2 の R データ変換式において、分母の $1/2$ を示す $713 \times 224 \times 219/2$ を分子に加算した後、分子での演算結果を分母の $713 \times 224 \times 219$ で割り算し、小数部切捨てを行う。数 4 2 の G データ変換式では、分母の $1/2$ を示す $219 \times 713 \times 224 \times 587 \times 564/2$ 分子に加算した後、分子での演算結果を分母の $219 \times 713 \times 224 \times 587 \times 564$ で割り算し、小数部切捨てを行う。数 4 2 の B データ変換式では、分母の $1/2$ を示す $564 \times 224 \times 219/2$ 分子に加算した後、分子での演算結果を分母の $564 \times 224 \times 219$ で割り算し、小数部切捨てを行う。

【0088】

このような数 4 2 による演算処理では、整数で演算処理をすることができ、かつ、演算結果を整数で取得することが可能となる。

【0089】

従って、色空間 YCbCr を共通単位系として用いて、YCbCr データ → RGB データ → Y'Cb'Cr' データなる逆変換及び順変換のデータ変換に関して、YCbCr データ → RGB データ側の逆変換を数 4 0 の色変換関数を用いて行い、RGB データ → Y'Cb'Cr' データ側の順変換を数 4 2 の色変換関数を用いて行った結果を示すと表 1 に示すようになる。

【0090】

【表 1】

	(数44による)		(数42による)	
	YCbCr系 データ	→	RGB系 データ	→ 復元YCbCr 系データ
例1.	16 (Y) 128 (Cb) 128 (Cr)		0 (G) 0 (B) 0 (R)	16 (Y) 128 (Cb) 128 (Cr)
例2.	126 (Y) 128 (Cb) 128 (Cr)		128 (G) 128 (B) 128 (R)	126 (Y) 128 (Cb) 128 (Cr)
例3.	107 (Y) 191 (Cb) 208 (Cr)		16 (G) 233 (B) 234 (R)	107 (Y) 191 (Cb) 208 (Cr)
例4.	112 (Y) 139 (Cb) 123 (Cr)		112 (G) 134 (B) 104 (R)	112 (Y) 139 (Cb) 123 (Cr)
例5.	218 (Y) 128 (Cb) 128 (Cr)		235 (G) 235 (B) 235 (R)	218 (Y) 128 (Cb) 128 (Cr)

この表 1 に示す色変換結果によれば、 $Y=Y'$ ， $Cb=Cb'$ ， $Cr=Cr'$ が維持され、色変換に関するデータ互換性（可逆性）が保証されることが判る。

【0091】

〔印刷系の色空間 YMC 系への適用例〕

上述の説明では、色空間 RGB なる表示系の単位系への適用例として説明したが、色空間 YMC なる印刷系の単位系へも同様に適用することができる。この場合、数 40、数 42 における Y、M、C を $Y=MAX-B$ ， $M=MAX-G$ ， $C=MAX-R$ に置換えた整数演算を行わせるようにすればよい。ここで、MAX は、分解能レベルの最大値を示す。例えば、256 階調であれば $MAX=256$ となる。

【0092】

〔デジタル型互換色変換への適用例〕

本発明の実施の形態の他の一つとして、国際規格 ITU-R BT. 601 に記載されている色変換式への適用例を説明する。本実施の形態でも、色空間 YCbCr なる単位系を共通単位系に用いて、色空間 RGB なる表示系の単位系との間で、

YCbCr データ → R (d) G (d) B (d) データ → Y' Cb' Cr' データ

なる逆変換及び順変換のデータ変換を行う際に、 $Y=Y'$ ， $Cb=Cb'$ ， $Cr=Cr'$ を満たすように整数演算により可逆なデータ変換を行わせるものであり、このような YCbCr データ → R (d) G (d) B (d) データ → Y' Cb' Cr' データなるデータ変換に関して、R (d) G (d) B (d) データ → YCbCr データ変換を行う色変換関数と、YCbCr データ ← R (d) G (d) B (d) データなる順変換を行う色変換関数と、R (d) G (d) B (d) データ → Y' Cb' Cr' データなる逆変換を行う色変換関数とを見出したものである。

【0093】

まず、対象とする元の色変換式は、国際規格ITU-R BT. 601に記載されている色変換式とする。この色変換式に関して、従来は、

a. アナログRGB (R(a), G(a), B(a)) 信号から量子化デジタル (R(d), G(d), B(d)) への変換式

ただし、 $0 \leq R(a) \leq 256$, $0 \leq G(a) \leq 256$, $0 \leq B(a) \leq 256$

【0094】

【数43】

$$R(d) = 219 * R(a) / 256 + 16$$

$$G(d) = 219 * G(a) / 256 + 16$$

$$B(d) = 219 * B(a) / 256 + 16$$

b. デジタルRGB信号からデジタルY, Cb, Cr信号への変換式

【0095】

【数44】

$$Y = (77 * R(d) / 256) + (150 * G(d) / 256) + (29 * B(d) / 256)$$

$$Cb = -(44 * R(d) / 256) - (87 * G(d) / 256) + (131 * B(d) / 256) + 128$$

$$Cr = (131 * R(d) / 256) - (110 * G(d) / 256) - (21 * B(d) / 256) + 128$$

なる演算による変換処理が用いられていた。これに対して、本実施の形態では、

R(a) G(a) B(a) → YCbCr 変換に関しては、

【0096】

【数45】

$$Y = \left\lfloor \frac{219 \times (77 \times R(a) + 150 \times G(a) + 29 \times B(a)) + 16 \times 256 \times 256 + 256 \times 128}{256 \times 256} \right\rfloor$$

$$Cb = \left\lfloor \frac{219 \times (-44 \times R(a) - 87 \times G(a) + 131 \times B(a)) + 128 \times 256 \times 256 + 256 \times 128}{256 \times 256} \right\rfloor$$

$$Cr = \left\lfloor \frac{219 \times (131 \times R(a) - 110 \times G(a) - 21 \times B(a)) + 128 \times 256 \times 256 + 256 \times 128}{256 \times 256} \right\rfloor$$

で示す色変換関数の演算により行い、YCbCr → R(d) G(d) B(d) 変換に関しては、

【0097】

【数 4 6】

$$\begin{aligned}
 R(d) &= \left\lfloor \frac{(16772821 \times Y + 22904709 \times Cr - 41320 \times Cb - 2926513792) \times 2 + 16772821}{16772821 \times 2} \right\rfloor \\
 G(d) &= \left\lfloor \frac{(470873 \times Y - 329527 \times Cr - 157064 \times Cb + 62283648) \times 2 + 470873}{470873 \times 2} \right\rfloor \\
 B(d) &= \left\lfloor \frac{(16772821 \times Y - 102267 \times Cr + 29047960 \times Cb - 3705048704) \times 2 + 16772821}{16772821 \times 2} \right\rfloor
 \end{aligned}$$

で示す色変換関数の整数演算により行い、 $R(d) G(d) B(d) \rightarrow Y' C b' C r'$ 変換に関しては、

【0 0 9 8】

【数 4 7】

$$\begin{aligned}
 Y' &= \left\lfloor \frac{77 \times R(d) + 150 \times G(d) + 29 \times B(d) + 128}{256} \right\rfloor \\
 Cb' &= \left\lfloor \frac{-44 \times R(d) - 87 \times G(d) + 131 \times B(d) + 128 \times 256 + 128}{256} \right\rfloor \\
 Cr' &= \left\lfloor \frac{131 \times R(d) - 110 \times G(d) - 21 \times B(d) + 128 \times 256 + 128}{256} \right\rfloor
 \end{aligned}$$

で示す色変換関数の整数演算により行わせるものである。

【0 0 9 9】

従って、色空間 $Y C b C r$ を共通単位系として用いて、 $Y C b C r$ データ $\rightarrow R(d) G(d) B(d)$ データ $\rightarrow Y' C b' C r'$ データなる逆変換及び順変換のデータ変換に関して、 $R(a) G(a) B(a) \rightarrow Y C b C r$ 変換を数 4 5 の色変換関数を用いて行い、 $Y C b C r \rightarrow R(d) G(d) B(d)$ 変換を数 4 6 の色変換関数を用いて行い、 $R(d) G(d) B(d) \rightarrow Y' C b' C r'$ 変換を数 4 7 の色変換関数を用いて行った結果を示すと表 2 に示すようになる。

【0 1 0 0】

【表 2】

	(数48による)	(数49による)	
	YCbCr系 データ	R(d)G(d)B(d)系 データ	
	→	→	
		復元YCbCr 系データ	
例1.	16 (Y) 128 (Cb) 128 (Cr)	16 (G) 16 (B) 16 (R)	16 (Y) 128 (Cb) 128 (Cr)
例2.	128 (Y) 128 (Cb) 128 (Cr)	128 (G) 128 (B) 128 (R)	128 (Y) 128 (Cb) 128 (Cr)
例3.	106 (Y) 202 (Cb) 222 (Cr)	16 (G) 234 (B) 234 (R)	106 (Y) 202 (Cb) 222 (Cr)
例4.	112 (Y) 139 (Cb) 123 (Cr)	112 (G) 131 (B) 105 (R)	112 (Y) 139 (Cb) 123 (Cr)
例5.	235 (Y) 128 (Cb) 128 (Cr)	235 (G) 235 (B) 235 (R)	235 (Y) 128 (Cb) 128 (Cr)

この表 2 に示す色変換結果によれば、Y C b C r が復元、即ち、 $Y = Y'$ ， $C b = C b'$ ， $C r = C r'$ が維持され、色変換に関するデータ互換性（可逆性）が保証されることが判る。

【0101】

[輝度及び色差を基調にしたオリジナル色変換式；J P E G 2 0 0 0 への適用例]

J P E G 2 0 0 0 アルゴリズムでは R G B データを輝度及び色差を基調にした Y C b C r データに変換し、又は、逆変換する色空間変換処理を行うようにしているが、この処理は従来技術でも説明したように非可逆な色変換とされている。

【0102】

A. 即ち、従来 J P E G 2 0 0 0 アルゴリズムで行われている色変換式としては、

a. R G B 信号 (R (o) , G (o) , B (o) 信号から Y C b C r 信号 (Y (o) , C b (o) , C r (o)) への変換

この順変換には、

【0103】

【数 4 8】

$$\begin{bmatrix} Y(o) \\ Cb(o) \\ Cr(o) \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} R(o) \\ G(o) \\ B(o) \end{bmatrix}$$

なる変換式が用いられている。この式中の A は行列であって、

【0 1 0 4】

【数 4 9】

$$A = \begin{bmatrix} x & 1-x-y & y \\ -\frac{x}{2(1-y)} & -\frac{1-x-y}{2(1-y)} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & -\frac{1-x-y}{2(1-x)} & -\frac{y}{2(1-x)} \end{bmatrix}, A^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 2(1-x) \\ 1 & -\frac{2y(1-y)}{1-x-y} & -\frac{2x(1-x)}{1-x-y} \\ 1 & 2(1-y) & 0 \end{bmatrix}$$

$$|A| = \frac{1-x-y}{4(1-x)(1-y)}$$

で示される。なお、x: Red の加重係数、y: Blue の加重係数、1-x-y: Green の加重係数である（ただし、 $0 \leq x < 1$, $0 \leq y < 1$, かつ、 $x+y < 1$ ）。

【0 1 0 5】

b. YCbCr 信号 (Y(o), Cb(o), Cr(o)) から RGB 信号 (R(o), G(o), B(o)) への変換

この逆変換には、

【0 1 0 6】

【数 5 0】

$$\begin{bmatrix} R(o) \\ G(o) \\ B(o) \end{bmatrix} = A^{-1} \begin{bmatrix} Y(o) \\ Cb(o) \\ Cr(o) \end{bmatrix}$$

なる変換式が用いられている。この式中の A は行列であって、数 4 9 中に示した通りである。

【0 1 0 7】

ここに、数 49 に示した変換行列 A の具体例としては、 $x = 299 / 1000 = \text{Red}$ の加重係数、 $y = 114 / 1000 = \text{Blue}$ の加重係数、 $1 - x - y = 587 / 1000 = \text{Green}$ の加重係数とした場合、

【0108】

【数 51】

$$A \doteq \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.16874 & -0.33126 & 0.5 \\ 0.5 & -0.41869 & -0.08131 \end{bmatrix}, A^{-1} \doteq \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.402 \\ 1 & -0.34414 & -0.71414 \\ 1 & 1.772 & 0 \end{bmatrix}$$

で示される。以上が、J P E G 2 0 0 0 アルゴリズムにおいて、非可逆な色変換として使用されている変換行列式である。

【0109】

B. これに対して、本実施の形態では、J P E G 2 0 0 0 アルゴリズムによる色変換に関しても、前述の実施の形態の場合と同様に、整数値による互換変換を可能にするものであり、全変数及び全係数を整数による演算により求め、演算結果も整数とするものである。

【0110】

x : Red の加重係数、 y : Blue の加重係数、 $1 - x - y$: Green の加重係数を、 $x = x_M / D$ 、 $y = y_M / D$ で表すと（ただし、 x_M 、 y_M 、 D は全て整数であり、添字 M は単に変数名の一部で、例えば、“ x ” と “ x_M ” とを区別するためのもの）、前述した数 49 に関する x 、 y の制限により、

【0111】

【数 52】

$$0 \leq x_M < D, 0 \leq y_M < D, \text{ かつ、} x_M + y_M < D$$

となる。

【0112】

本実施の形態では、このような行列式に関する係数を用いて、以下のような色変換処理を行わせるものである。なお、 $R(o)$ 、 $G(o)$ 、 $B(o)$ 、 $Y(o)$ 、 $Cb(o)$ 、 $Cr(o)$ の “(o)” は、本実施の形態の変換データが「輝度及び色差を基調にしたオリジナル色」を表す意図から、前述したような他の変換式で使用する一般的な R 、 G 、 B 、 Y 、 Cb 、 Cr などの変数名と区別するために付加した表現方法であって、単に変数名の一部である。

【0113】

a. RGB 信号 ($R(o)$ 、 $G(o)$ 、 $B(o)$ 信号から $YC b C r$ 信号 ($Y(o)$ 、 $Cb(o)$ 、 $Cr(o)$) への変換

この順変換には、

【0114】

【数 5 3】

$$\begin{aligned}
 Y(o) &= \left\lfloor \frac{2 \times (x_M \times R(o) + (D - x_M - y_M) \times G(o) + y_M \times B(o)) + D}{2 \times D} \right\rfloor \\
 Cb(o) &= \left\lfloor \frac{\left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor \times 2 \times (D - y_M) - x_M \times R(o) - (D - x_M - y_M) \times G(o) + (D - y_M) \times (B(o) + 1)}{2 \times (D - y_M)} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor \\
 Cr(o) &= \left\lfloor \frac{\left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor \times 2 \times (D - x_M) + (D - x_M) \times (R(o) + 1) - (D - x_M - y_M) \times G(o) - y_M \times B(o)}{2 \times (D - x_M)} \right\rfloor - \left\lfloor \frac{MAX_{RGB} + 1}{2} \right\rfloor
 \end{aligned}$$

で示す色変換関数の整数演算により行う。

【0 1 1 5】

MAX_{RGB} は、階調数（整数）を表し、変換処理による後述の復元互換を実現するための入力 $R(o)$ 、 $G(o)$ 、 $B(o)$ に関する第 1 の制限を除けば、

【0 1 1 6】

【数 5 4】

$$\begin{aligned}
 0 \leq R(o) \leq MAX_{RGB} - 1, \quad 0 \leq G(o) \leq MAX_{RGB} - 1, \\
 0 \leq B(o) \leq MAX_{RGB} - 1.
 \end{aligned}$$

なる関係となる。

【0 1 1 7】

例えば、JPEG2000 アルゴリズムに合わせて、 $x = 299 / 1000 = Red$ の加重係数、 $y = 114 / 1000 = Blue$ の加重係数、 $1 - x - y = 587 / 1000 = Green$ の加重係数、 $MAX_{RGB} = 256$ 階調とすると、RGB 信号 ($R(o)$ 、 $G(o)$ 、 $B(o)$) 信号 \rightarrow YCbCr 信号 ($Y(o)$ 、 $Cb(o)$ 、 $Cr(o)$) 変換に関する数 5 3 は、

【0 1 1 8】

【数 5 5】

$$\begin{aligned}
 Y(o) &= \left\lfloor \frac{(299 \times R(o) + 587 \times G(o) + 114 \times B(o)) + 500}{1000} \right\rfloor \\
 Cb(o) &= \left\lfloor \frac{128 \times 2 \times 886 - 299 \times R(o) - 587 \times G(o) + 886 \times (B(o) + 1)}{2 \times 886} \right\rfloor - 128 \\
 Cr(o) &= \left\lfloor \frac{128 \times 2 \times 701 + 701 \times (R(o) + 1) - 587 \times G(o) - 114 \times B(o)}{2 \times 701} \right\rfloor - 128
 \end{aligned}$$

で示す色変換関数に書換えることができる。

【0 1 1 9】

この変換式と、後述の数 6 2 に示す変換式とを組合せることにより、J P E G 2 0 0 0 アルゴリズムにおいては非可逆な色変換方式とされていた色変換式を可逆な色変換式に改善できる。

【0 1 2 0】

また、数 5 5 の色変換関数にビットシフトを適用することにより、演算速度をより速くすることができる。例えば、R G B の階調数は 2 5 6 で、その使用範囲は 0 ~ 2 5 5 であるので、最大階調値として M A X _ K A I C H O = 2 5 5 とし、2 のべき乗の指数として b i t S H I F T = 1 2 (ビットシフト数) (= 4 0 9 6) とし、ビットシフトによる R (0) 、 G (0) 、 B (0) を夫々 i R O R S 、 i G O R S 、 i B O R S とし、ビットシフトによる Y (0) 、 C b (0) 、 C r (0) を夫々 i Y O R S 、 i C b R S 、 i C r R S とし、この変更を C 言語で記述すると、

【0 1 2 1】

【数 5 6】

$$\begin{aligned}
 iY0RS &= ((MAX_KAICHO+1)/2*1000 + 299*iR0RS+587*iG0RS+114*iB0RS \\
 &\quad + 500)/(1000) - (MAX_KAICHO+1)/2 \\
 &\doteq (\\
 &\quad (\\
 &\quad \quad ((MAX_KAICHO+1)/2 \ll \text{bitSHIFT}) \\
 &\quad \quad + ((299 \ll \text{bitSHIFT})+500)/1000*iR0RS \\
 &\quad \quad + ((587 \ll \text{bitSHIFT})+500)/1000*iG0RS \\
 &\quad \quad + ((114 \ll \text{bitSHIFT})+500)/1000*iB0RS \\
 &\quad \quad + (1 \ll (\text{bitSHIFT}-1)) \\
 &\quad) \gg \text{bitSHIFT} \\
 &\quad) - (MAX_KAICHO+1)/2; \\
 iCbRS &= ((MAX_KAICHO+1)/2*2*886-299*iR0RS-587*iG0RS+(886) \\
 &\quad *(iB0RS+1))/(2*886) - (MAX_KAICHO+1)/2 \\
 &\doteq (\\
 &\quad (\\
 &\quad \quad ((MAX_KAICHO+1)/2 \ll \text{bitSHIFT}) \\
 &\quad \quad - ((299 \ll \text{bitSHIFT})+886)/(2*886)*iR0RS \\
 &\quad \quad - ((587 \ll \text{bitSHIFT})+886)/(2*886)*iG0RS \\
 &\quad \quad + ((886 \ll \text{bitSHIFT})+886)/(2*886)*iB0RS \\
 &\quad \quad + (1 \ll (\text{bitSHIFT}-1)) \\
 &\quad) \gg \text{bitSHIFT} \\
 &\quad) - (MAX_KAICHO+1)/2; \\
 iCrRS &= ((MAX_KAICHO+1)/2*2*701-114*iB0RS-587*iG0RS+(701) \\
 &\quad *(iR0RS+1))/(2*701) - (MAX_KAICHO+1)/2 \\
 &\doteq (\\
 &\quad (\\
 &\quad \quad ((MAX_KAICHO+1)/2 \ll \text{bitSHIFT}) \\
 &\quad \quad + ((701 \ll \text{bitSHIFT})+701)/(2*701)*iR0RS \\
 &\quad \quad - ((587 \ll \text{bitSHIFT})+701)/(2*701)*iG0RS \\
 &\quad \quad - ((587 \ll \text{bitSHIFT})+701)/(2*701)*iG0RS \\
 &\quad \quad + (1 \ll (\text{bitSHIFT}-1)) \\
 &\quad) \gg \text{bitSHIFT} \\
 &\quad) - (MAX_KAICHO+1)/2;
 \end{aligned}$$

のように記述でき、これらの記述を簡潔にすると、

【0 1 2 2】

【数 5 7】

$$iY0RS = ((1225 * iR0RS + 2404 * iG0RS + 467 * iB0RS$$

$$+ (257 \ll 11)) \gg 12) - 128;$$

$$iCbRS = ((-691 * iR0RS - 1357 * iG0RS$$

$$+ ((iB0RS + 257) \ll 11)) \gg 12) - 128;$$

$$iCrRS = (((iR0RS + 257) \ll 11) - 1715 * iG0RS - 333 * iB0RS) \gg 12) - 128;$$

更に、数 5 7 は、

【0 1 2 3】

【数 5 8】

$$iY0RS = (((128 \ll 12) + 1225 \times iR0RS + 2404 \times iG0RS + 467 \times iB0RS$$

$$+ (1 \ll 11)) \gg 12) - 128;$$

$$iCbRS = (((128 \ll 12) - 691 \times iR0RS - 1357 \times iG0RS + 2048 \times iB0RS$$

$$+ (1 \ll 11)) \gg 12) - 128;$$

$$iCrRS = (((128 \ll 12) - 2048 \times iR0RS - 1715 \times iG0RS - 333 \times iB0RS$$

$$+ (1 \ll 11)) \gg 12) - 128;$$

のように簡潔に記述できる。

【0 1 2 4】

また、数 5 8 を 2 のべき乗で示すと、

【0 1 2 5】

【数 5 9】

$$Y(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) + 1225 \times R(o) + 2404 \times G(o) + 467 \times B(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

$$Cb(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) - 691 \times R(o) - 1357 \times G(o) + 2^{11} \times B(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

$$Cr(o) = \frac{(128 \times 2^{12}) - 2^{11} \times R(o) - 1715 \times G(o) - 333 \times B(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128$$

のように表現される。

【0 1 2 6】

ところで、このような色変換に関して、復元互換を実現するためには入力 R (o) G (o) B (o) データの使用範囲を制限する必要がある。即ち、復元互換を実現するために、数 5 3 において新たに入力するデータ R (o) G (o) B (o) データの制限範囲は、

【0127】

【数60】

$$1 \leq R(o) \leq \text{MAX}_{\text{RGB}} - 2$$

$$1 \leq G(o) \leq \text{MAX}_{\text{RGB}} - 2$$

$$1 \leq B(o) \leq \text{MAX}_{\text{RGB}} - 2$$

であり、境界値を超えるものは境界値の値に変更することが必要である。この範囲を超えて入力すると、後述の数62の変換式によって逆変換した場合に、上述の数53の条件範囲を超えることがあり、その時は、詰まるところ、Y(o)Cb(o)Cr(o)が復元できない状態に陥るからである。

【0128】

また、元のY(o)Cb(o)Cr(o)を復元する場合の入力データR(o)G(o)B(o)の制限範囲としては、以下の数62の変換式によって、既に作られていたR(o)G(o)B(o)を使用し、単にY(o)Cb(o)Cr(o)を復元する場合には、特別な制限は無く、下記の数61の変換式によって作られていたR(o)G(o)B(o)をそのまま(加工しないで)上述の変換式の入力データに使用すると、復元したY(o)Cb(o)Cr(o)が得られる。

【0129】

b. Y(o)Cb(o)Cr(o)からR(o)G(o)B(o)の整数値への互換変換

この逆変換には、

【0130】

【数61】

$$R(o) = \left\lfloor \frac{2 \times (D \times Y(o) + 2 \times (D - x_M) \times Cr(o)) + D}{2 \times D} \right\rfloor$$

$$G(o) = \left\lfloor \frac{2 \times ((D - x_M - y_M) \times D \times Y(o) - 2 \times y_M \times (D - y_M) \times Cb(o) - 2 \times x_M \times (D - x_M) \times Cr(o)) + (D - x_M - y_M) \times D}{2 \times (D - x_M - y_M) \times D} \right\rfloor$$

$$B(o) = \left\lfloor \frac{2 \times (D \times Y(o) + 2 \times (D - y_M) \times Cb(o)) + D}{2 \times D} \right\rfloor$$

で示す色変換関数の整数演算により行う。

【0131】

例えば、数55の場合と同様に、JPEG2000アルゴリズムに合わせて、 $x = 299 / 1000 = \text{Red}$ の加重係数、 $y = 114 / 1000 = \text{Blue}$ の加重係数、 $1 - x - y = 587 / 1000 = \text{Green}$ の加重係数、 $\text{MAX}_{\text{RGB}} = 256$ 階調とすると、Y(o)Cb(o)Cr(o) → R(o)G(o)B(o)変換に関する数61は、

【0132】

【数 6 2】

$$\begin{aligned}
 R(o) &= \left\lfloor \frac{(1000 \times Y(o) + 1402 \times Cr(o)) + 500}{1000} \right\rfloor \\
 G(o) &= \left\lfloor \frac{(587 \times 1000 \times Y(o) - 2 \times 114 \times 886 \times Cb(o) - 2 \times 299 \times 701 \times Cr(o)) + 587 \times 500}{587 \times 1000} \right\rfloor \\
 B(o) &= \left\lfloor \frac{(1000 \times Y(o) + 1772 \times Cb(o)) + 500}{1000} \right\rfloor
 \end{aligned}$$

で示す色変換関数に書換えることができる。

【0 1 3 3】

また、数 6 2 の色変換関数にビットシフトを適用することにより、演算速度をより速くすることができる。例えば、RGB の階調数は 256 で、その使用範囲は 0 ~ 255 であるので、最大階調値として MAX_KAICHOU = 255 とし、2 のべき乗の指数として bitSHIFT = 12 (ビットシフト数) (= 4096) とし、ビットシフトによる R(o)、G(o)、B(o) を夫々 iRORS、iGORS、iBORS とし、ビットシフトによる Y(o)、Cb(o)、Cr(o) を夫々 iYOS、iCbS、iCrS とし、この変更を C 言語で記述すると、

【0 1 3 4】

【数 6 3】

$$\begin{aligned}
 iRORS &= ((MAX_KAICHO+1)/2*1000 + 1000*iYOS+2*701*iCrS + 500)/(1000) \\
 &\quad - (MAX_KAICHO+1)/2 \\
 &\quad \doteq (\\
 &\quad \quad ((MAX_KAICHO+1)/2 \ll \text{bitSHIFT}) \\
 &\quad \quad + ((1000 \ll \text{bitSHIFT})+500)/1000*iYOS \\
 &\quad \quad + ((2*701 \ll \text{bitSHIFT})+500)/1000*iCrS \\
 &\quad \quad + (1 \ll (\text{bitSHIFT}-1)) \\
 &\quad) \gg \text{bitSHIFT} \\
 &\quad) - (MAX_KAICHO+1)/2; \\
 iGORS &= (\\
 &\quad (MAX_KAICHO+1)/2*(2*587*1000) \\
 &\quad \quad + 2*(587*1000*iYOS-2*114*886*iCbS-2*299*701*iCrS) \\
 &\quad \quad + 587*1000 \\
 &\quad) / (2*587*1000) \\
 &\quad - (MAX_KAICHO+1)/2 \\
 &\quad \doteq (\\
 &\quad \quad ((MAX_KAICHO+1)/2 \ll \text{bitSHIFT}) \\
 &\quad \quad + ((2*587*1000/4 \ll \text{bitSHIFT})+587*1000/4)/(2*587*1000/4)*iYOS \\
 &\quad \quad - ((114*886 \ll \text{bitSHIFT})+587*1000/4)/(2*587*1000/4)*iCbS \\
 &\quad \quad - ((299*701 \ll \text{bitSHIFT})+587*1000/4)/(2*587*1000/4)*iCrS \\
 &\quad \quad + (1 \ll (\text{bitSHIFT}-1)) \\
 &\quad) \gg \text{bitSHIFT} \\
 &\quad) - (MAX_KAICHO+1)/2; \\
 iBORS &= ((MAX_KAICHO+1)/2*1000 + 1000*iYOS+2*886*iCbS + 500)/(1000) \\
 &\quad - (MAX_KAICHO+1)/2 \\
 &\quad \doteq (\\
 &\quad \quad ((MAX_KAICHO+1)/2 \ll \text{bitSHIFT}) \\
 &\quad \quad + ((1000 \ll \text{bitSHIFT})+500)/1000*iYOS \\
 &\quad \quad + ((2*886 \ll \text{bitSHIFT})+500)/1000*iCbS \\
 &\quad \quad + (1 \ll (\text{bitSHIFT}-1)) \\
 &\quad) \gg \text{bitSHIFT} \\
 &\quad) - (MAX_KAICHO+1)/2;
 \end{aligned}$$

のように記述でき、これらの記述を簡潔にすると、

【 0 1 3 5】

【数 6 4】

$iRORS = (((((257 + (iYOS \ll 1)) \ll 11) + 5743 * iCrS) \gg 12) - 128;$
 $iGORS = (((((257 + (iYOS \ll 1)) \ll 11)$
 $\quad - 1410 * iCbS - 2925 * iCrS) \gg 12) - 128;$
 $iBORS = (((((257 + (iYOS \ll 1)) \ll 11) + 7258 * iCbS) \gg 12) - 128;$

$iRORS = (((((257 + (iYOS \ll 1)) \ll 11) + 5743 * iCrS) \gg 12) - 128;$

更に、数 6 4 は、

【0 1 3 6】

【数 6 5】

$iRORS = (((128 \ll 12) + 4096 \times iYOS + 5743 \times iCrS$
 $\quad + (1 \ll 11)) \gg 12) - 128;$
 $iGORS = (((128 \ll 12) + 4096 \times iYOS) - 1410 \times iCbS - 2925 \times iCrS$
 $\quad + (1 \ll 11)) \gg 12) - 128;$
 $iBORS = (((128 \ll 12) + 4096 \times iYOS + 7258 \times iCbS + (1 \ll 11)) \gg 12)$
 $\quad - 128;$

のように簡潔に記述できる。

【0 1 3 7】

また、数 6 5 を 2 のべき乗で示すと、

【0 1 3 8】

【数 6 6】

$$\begin{aligned}
 R(o) &= \frac{(128 \times 2^{12}) + 2^{12} \times Y(o) + 5743 \times Cr(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128 \\
 G(o) &= \frac{(128 \times 2^{12}) + 2^{12} \times Y(o) - 1410 \times Cb(o) - 2925 \times Cr(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128 \\
 B(o) &= \frac{(128 \times 2^{12}) + 2^{12} \times Y(o) + 7258 \times Cb(o) + 2^{11}}{2^{12}} - 128
 \end{aligned}$$

のように表現される。

【0 1 3 9】

種々の上記演算による復元互換を実現するためには、入力 $Y(o)$ $Cb(o)$ $Cr(o)$ データの使用範囲を制限する必要がある。まず、この変換式に使用する入力データ $Y(o)$ $Cb(o)$ $Cr(o)$ は、元々、前述の数 5 3 の変換式によって作られた $Y(o)$ C

b(o)Cr(o)であることを前提とする。数53の変換式によって作られたY(o)Cb(o)Cr(o)に対し、画像修飾や電子透かしなどの編集処理を加えたY(o)Cb(o)Cr(o)を互換変換対象データとして有効にするためには、元の値に対する最大変位差を元に、予め数53の変換式によって作られるY(o)Cb(o)Cr(o)の元になるR(o)G(o)B(o)データを境界値から許容範囲の内側への境界値変更を行っておけば良い。

【0140】

ここに、画像修飾によって、画像データが境界値を超えないように、画像修飾する前に、境界値を許容範囲の内側に変更するものについて説明する。R(o)G(o)B(o)データに対するY(o), Cb(o), Cr(o)の各々の変位値 ΔY , ΔCb , ΔCr の影響度は、以下の比率

$$\Delta R : \Delta Y : \Delta Cr = 1 : 1 : (2(D - x_M) / D)$$

$$\Delta G : \Delta Y : \Delta Cr : \Delta Cb = 1 : 1 : (2x_M(D - x_M) / ((D - x_M - y_M) * D)) :$$

$$(2y_M(D - y_M) / ((D - x_M - y_M) * D))$$

$$\Delta B : \Delta Y : \Delta Cb = 1 : 1 : (2(D - y_M) / D)$$

で示される。例えば、 $D=1000$, $x_M=299$, $y_M=114$ とすると、

$$\Delta R : \Delta Y : \Delta Cr \approx 1 : 1 : 1.40$$

$$\Delta G : \Delta Y : \Delta Cr : \Delta Cb \approx 1 : 1 : 0.71 : 0.34$$

$$\Delta B : \Delta Y : \Delta Cb \approx 1 : 1 : 1.77$$

ある。例えば、Gデータに対して、 $\Delta Y=1$, $\Delta Cb=1$, $\Delta Cr=1$ ずつの変化は、 $2.05 (=1+0.34+0.71)$ の変位となって影響する。そこで、編集処理を開始する前に($MAX_{RGB}=256$ 階調の場合)、 $4 \leq G \leq 251$ にGの許容範囲を変更しておけば、新たに変位が加わっても本来の許容範囲 $1 \leq G \leq 254$ を超えないように設定できる。

【0141】

以上の境界値変更を行ったR(o)G(o)B(o)を使用して、数53の変換式によって、Y(o), Cb(o), Cr(o)を算出する。算出されたY(o), Cb(o), Cr(o)に許容範囲内の変位を加えて数61の変換式でRGB変換しても、許容範囲の変位を加えたY(o), Cb(o), Cr(o)データが復元できる。

【0142】

これらの変換を(Y(o)Cb(o)Cr(o)→R(o)G(o)B(o)→Y(o)'Cb(o)'Cr(o)')と連結することによって、Y(o)Cb(o)Cr(o)が復元する。即ち、Y(o)'Cb(o)'Cr(o)'=Y(o)Cb(o)Cr(o)となる。

【0143】

いま、具体的に、 $x_M=299$, $y_M=114$, $D=1000$, $MAX_{RGB}=256$ 階調とした場合、次のように変換される。即ち、

(1) Y(o)Cb(o)Cr(o)生成する元のRGBの許容範囲：数53の変換式の入力

$$1 \leq R(o) \leq 254, 1 \leq G(o) \leq 254, 1 \leq B(o) \leq 254$$

(2) 上記(1)によって生成するY(o)Cb(o)Cr(o)の変換結果範囲：数61の変換式の入力

$$1 \leq Y(o) \leq 254, -126 \leq Cb(o) \leq 127, \\ -126 \leq Cr(o) \leq 127$$

(3) 上記(2)の数61の変換式によって生成するRGBの変換結果範囲：数53の変換式の入力

$$0 \leq R(o) \leq 255, 0 \leq G(o) \leq 255, 0 \leq B(o) \leq 255$$

(4) 上記(3)の数53の変換式によって復元するY(o)Cb(o)Cr(o)の変換結果範囲：

$$1 \leq Y(o) \leq 254, -126 \leq Cb(o) \leq 127, \\ -126 \leq Cr(o) \leq 127$$

となる。

【0144】

このような色変換関数を用いて行った結果を示すと表3に示すようになる。

【0145】

【表3】

	YCbCr系 データ	→	R(o)G(o)B(o)系 データ	→	復元YCbCr 系データ
例1.	1 (Y) 0 (Cb) 0 (Cr)		1 (G) 1 (B) 1 (R)		1 (Y) 0 (Cb) 0 (Cr)
例2.	128 (Y) 0 (Cb) 0 (Cr)		128 (G) 128 (B) 128 (R)		128 (Y) 0 (Cb) 0 (Cr)
例3.	105 (Y) 84 (Cb) 106 (Cr)		0 (G) 254 (B) 254 (R)		105 (Y) 84 (Cb) 106 (Cr)
例4.	112 (Y) 11 (Cb) -5 (Cr)		112 (G) 131 (B) 105 (R)		112 (Y) 11 (Cb) -5 (Cr)
例5.	254 (Y) 0 (Cb) 0 (Cr)		254 (G) 254 (B) 254 (R)		254 (Y) 0 (Cb) 0 (Cr)

この表3に示す色変換結果によれば、YCbCrが復元、即ち、 $Y=Y'$ ， $Cb=Cb'$ ， $Cr=Cr'$ が維持され、色変換に関するデータ互換性（可逆性）が保証されることが判る。

【0146】

この結果、例えば図2に略図的に示すJPEG2000アルゴリズム中で一般に非可逆変換処理として位置付けられている色変換も、本実施の形態の適用により、可逆色変換に変更することができる。図2は、図1の場合と同様に圧縮・伸長システム例を示しており、圧縮系では、色空間最小誤差順変換によりRGB→YCbCrの色変換を行った後、ウェーブレット変換、エントロピー符号化等の可逆圧縮処理を行い、符号化されたデータをメモリ又は外部記憶装置に保存し、或いは、インターネット等の通信路を介して配信する。伸長系では、メモリ等から読み出され、或いは、通信路を介して供給される圧縮された符号データを逆の手順で可逆伸長し、色空間最小誤差逆変換によりYCbCr→RGBの色変換を行い、画像データとして復元する。

【0147】

これらの色空間誤差最小順変換、逆変換に前述した本実施の形態の色変換を適用することにより、可逆変換が可能となるものである。これにより、JPEG2000の可逆変換

につき、色変換も完全に可逆変換可能となるため、画質保証が磐石のものとなる。アナログ型互換色変換アルゴリズム、及びデジタル型互換色変換アルゴリズムについても同様である。

【0148】

いま、可逆色変換を必要とする用途例を、J P E G 2 0 0 0 アルゴリズム中で、改ざんなどの編集処理が加わった場合への適用例として変換手順を図3に示す模式図を参照して説明する。

【0149】

(1) まず、RGB基データから、 $4:2:2 YCbCr \rightarrow RGB \rightarrow 4:2:2$ の完全復元YCbCrデータ変換の仕組みを実現する、RGB基データから、 $4:2:2 YCbCr$ を生成する手順について説明する。

【0150】

いま、RGB基データとして互いに近傍の2画素を $R0G0B0$ 、 $R1G1B1$ とすると、 $R = (R0 + R1) / 2$ 、 $G = (G0 + G1) / 2$ 、 $B = (B0 + B1) / 2$ を基に、数42の色変換関数を用いてCb、Crを算出する。 $Y0$ 、 $Y1$ は、各々 $R0G0B0$ 、 $R1G1B1$ を使用して数42の色変換関数により算出する。

【0151】

次に、以上で算出した $Y0$ 、 $Y1$ 、Cb、Crから、逆変換して $R0G0B0$ 、 $R1G1B1$ を再度算出する。再度算出した $R0G0B0$ 、 $R1G1B1$ の各々に、0以上かつ255以下でないものがあれば、 $Y0$ 、 $Y1$ を上記R、G、B ($R0G0B0$ 、 $R1G1B1$ の各々の平均値)を基に算出し直す。

【0152】

(2) 次に、入力(任意)の $4:2:2 YCbCr$ 基データ $\rightarrow RGB \rightarrow 4:2:2$ の完全復元YCbCrデータ変換の仕組みを実現する、入力の $4:2:2 YCbCr$ 基データを変更する手順について説明する。

【0153】

RGBは、 $0 \leq R, G, B \leq 255$ の範囲の中をR、G、B独立に任意の値を取り得る。しかし、YCbCrデータは、 $16 \leq Y \leq 235$ 、 $16 \leq Cb \leq 240$ 、 $16 \leq Cr \leq 240$ の制限だけでなく、Y、Cb、CrからR、G、Bを算出時に、 $0 \leq R, G, B \leq 255$ の範囲に入る変換結果でないと有効でないという条件が加わる。そのため、最初に、入力の $4:2:2 YCbCr$ 基データに、数46で示す色変換関数によるYCbCr $\rightarrow RGB$ 変換式を使用して、上述(1)のRGB基データ $R0G0B0$ 、 $R1G1B1$ を算出し、その際に、境界値(0, 255)を超えるものは、境界値の値に変更する。

【0154】

これにより、 $R0G0B0$ 、 $R1G1B1$ が境界値を超えない値となるので、この $R0G0B0$ 、 $R1G1B1$ を上記(1)の方法に適用して算出する $4:2:2 YCbCr$ が、完全復元できるYCbCrになる。図3中に記述する色変換に安定な値とは、色変換した値をさらに逆変換すると元の値が復元する可逆性を持つ値のことをいう。

【0155】

(3) 次に、編集(画像修飾や電子透かしなど)処理を加えた $4:2:2 YCbCr$ 基データ $\rightarrow RGB \rightarrow 4:2:2$ の完全復元YCbCrデータ変換を保証する方法について説明する。

【0156】

編集処理を加える前の $4:2:2 YCbCr$ 基データに、数42のYCbCr $\rightarrow RGB$ 変換式を使用して、上記(1)のRGB基データ $R0G0B0$ 、 $R1G1B1$ を算出する。境界値を超えるものは、境界値の値に変更する。その際、編集処理(画像修飾)による画像値への影響を考慮する。元の値に対する最大変位差を基に、 $R0G0B0$ 、 $R1G1B1$ データの境界値から許容範囲の内側への境界値変更を行う。

【0157】

ここに、画像修飾によって、画像データが境界値を超えないように、画像修飾する前に

、境界値を許容範囲の内側に変更するものについて説明する。R0G0B0, R1G1B1 データに対する Y, Cb, Cr の各々の変位値 ΔY , ΔCb , ΔCr の影響度は、

$$\Delta R : \Delta Y : \Delta Cr \quad \div 1 : 1.17 : 1.60$$

$$\Delta G : \Delta Y : \Delta Cr : \Delta Cb \div 1 : 1.17 : 0.82 : 0.40$$

$$\Delta B : \Delta Y \quad : \Delta Cb \div 1 : 1.17 \quad : 2.02$$

なる比率である。例えば、G データに対して、 $\Delta Y=1$, $\Delta Cb=1$, $\Delta Cr=1$ ずつの変化は、 $2.39 (=1.17+0.82+0.40)$ の変位となって影響する。そこで、編集処理を開始する前に、 $3 \leq G \leq 252$ に G の許容範囲を変更しておけば、新たに変位が加わっても本来の許容範囲 $0 \leq G \leq 255$ を超えないように設定できる。

【0158】

以上の境界値変更を行った R0G0B0, R1G1B1 を使用して、上記 (1) の方法で、4:2:2 の YCbCr を算出する。算出された 4:2:2 の YCbCr に許容範囲の変位を加えて RGB 変換しても、許容範囲の変位を加えた 4:2:2 の YCbCr データが復元できる。

【0159】

[ビットシフト使用時の可逆色変換]

次に、ビットシフト使用時の可逆色変換 ($YCbCr \rightarrow RGB \rightarrow YCbCr$) について考察する。ここで、原画像 $RGB \rightarrow YCbCr \rightarrow RGB \rightarrow Y'Cb'Cr' \rightarrow R'G'B'$ へ変換していく過程を考察するものとする。

【0160】

$YCbCr(iY0S, iCbS, iCrS) = Y'Cb'Cr'(iY0RS, iCbRS, iCrRS)$ 、すなわち、 $iY0S = iY0RS$, $iCbS = iCbRS$, $iCrS = iCrRS$ となるようにする。また、この場合、 $RGB = R'G'B'$ でもある。

【0161】

$0 \leq R, G, B \leq 255$ の範囲の原画像 RGB は、YCbCr 変換によって、 $0 \leq Y \leq 255$, $-128 \leq Cb \leq 128$, $-128 \leq Cr \leq 128$ の範囲で変換され、RGB 変換によって、 $-1 \leq R, G, B \leq 256$ の範囲で変換され、 $Y'Cb'Cr'$ 変換によって、 $0 \leq Y' \leq 255$, $-128 \leq Cb' \leq 128$, $-128 \leq Cr' \leq 128$ の範囲に変換されることとなる。

【0162】

一方、8 ビット/色で表現できる有効色としての規定範囲は、RGB 系では、

$$0 \leq R \leq 255, 0 \leq G \leq 255, 0 \leq B \leq 255$$

であって、YCbCr 系では、

$$0 \leq Y \leq 255, -128 \leq Cb \leq +127, -128 \leq Cr \leq +127$$

である。

【0163】

これら規定範囲内で可逆変換できる有効なデータ範囲は、原画像 RGB では $1 \leq R, G, B \leq 254$ の範囲であり、YCbCr 変換では、 $1 \leq Y \leq 254$, $-126 \leq Cb \leq 127$, $-126 \leq Cr \leq 127$ の範囲であり、RGB 変換では、 $0 \leq R, G, B \leq 255$ の範囲であり、 $Y'Cb'Cr'$ 変換では、 $1 \leq Y' \leq 254$, $-126 \leq Cb' \leq 127$, $-126 \leq Cr' \leq 127$ の範囲である。

【0164】

つまり、 $1 \leq R, G, B \leq 254$ の範囲の RGB 原画像は全て規定範囲内の変換が可能であるため可逆変換を行うことができる。

【0165】

しかし、原画像 RGB が、R 又は G 又は B = 0 又は R 又は G 又は B = 255 の時は、原画像 $RGB \rightarrow YCbCr \rightarrow RGB \rightarrow Y'Cb'Cr' \rightarrow R'G'B'$ 変換に於いて、YCbCr, RGB がそれぞれ規定範囲を超える場合がある。例えば、 $Cb=128$ となる 1 ケース、又は $Cr=128$ となる 1 ケース、及び、 $R, G, B = (-1)$ 又は 25

6となる多ケースである。

【0166】

そこで、変換結果が規定値の範囲内となるように、原画像RGBをそれぞれ1～254の値に変更してからRGB→YCbCr変換する。例えば、所定の値に変換するための変換テーブルを予め用意しておくことが考えられる。

【0167】

次に、変換テーブルを保持するための容量について、変換過程における境界値で、以下A状態、B状態、及び、C状態について考察する。

【0168】

・A状態

原画像RGB→YCbCr変換時のYCbCrの境界部 ($Y < 0$ or $254 \leq Y$, $Cb \leq -127$ or $127 < Cb$, $Cr \leq -127$ or $127 < Cr$) に注目し、規定範囲を超えて無効データになるケースを考察すると、

【0169】

【数67】

Y	<	0	: 0件 / (256×256×256)色 = 0%
Y	>	255	: 0件 / (256×256×256)色 = 0%
Cb	<	-128	: 0件 / (256×256×256)色 = 0%
Cb	>	127	: 1件 / (256×256×256)色 $\approx 6 \times 10^{-6}\%$
Cr	<	-128	: 0件 / (256×256×256)色 = 0%
Cr	>	127	: 1件 / (256×256×256)色 $\approx 6 \times 10^{-6}\%$

となる。

【0170】

・B状態

YCbCr→RGB変換のみを行い(補正処理を行わない)、上記同様に、RGBの境界部に注目し、規定範囲を超えて無効データになるケースを考察すると、

R	<	0	: 11,783件 / (256×256×256)色 $\approx 0.07\%$
R	<	255	: 11,883件 / (256×256×256)色 $\approx 0.07\%$
G	<	0	: 6,171件 / (256×256×256)色 $\approx 0.04\%$
G	<	255	: 6,117件 / (256×256×256)色 $\approx 0.04\%$
B	<	0	: 14,408件 / (256×256×256)色 $\approx 0.09\%$
B	<	255	: 14,529件 / (256×256×256)色 $\approx 0.09\%$

となり、合計64,891件 / (256×256×256)色 $\approx 0.39\%$ が無効データとなること
が分かった。

【0171】

・C状態

YCbCr→RGB変換時に補正処理を行い、上記同様に、RGBの境界部に注目し、規定範囲を超えて無効データになるケース、及び、そのようなケースにおける対処(変更)方法を考察した。その結果を表4に示す。

【0172】

【表 4】

境界値を越える場合	対処(変更)方法	Y算出時に発見	Cb算出時に発見	Cr算出時に発見	合計
R < 0の場合	R = 0に変更	0件	7件	1,118件	1,125
R > 255 "	R = 255 "	1	7	1,115	1,123
G < 0 "	G = 0 "	70	4	83	157
G > 255 "	G = 255 "	67	4	81	152
B < 0 "	B = 0 "	10	2,714	10	2,734
B > 255 "	B = 255 "	10	2,720	10	2,740
合計		158件	5,456件	2,417件	8,031

表 4 に示されるように、C 状態では、合計 8、031 件が無効データとなることが分かった。

【0173】

ビットシフトによる数 58 及び数 64 によって規定範囲内で可逆変換できないデータに対し、例外処理として変換テーブルを使用する場合、上記 B 状態（64、891 件）に適用するよりも、上記 C 状態（8、031 件）に適用する方が、メモリ領域を 1/8 に縮小することができるため、より効率的であることが分かる。

【0174】

このように、上記 C 状態（8、031 件）に変換テーブルを適用することによって、表 3 に示す例 1 から例 5 を含む 1600 万色について可逆変換が実現できる。

【0175】

[具体例]

数 40、数 42 等を用いるアナログ型色変換の場合の RGB 基データに対して 0～255 中の任意の値を代入した場合（ここでは、R = 104、G = 112、B = 134）の変換結果を図 4 に模式的に示す。Y = Y'、Cb = Cb'、Cr = Cr' となるように復元されているのが判る。

【0176】

数 45～数 47 等を用いる ITU-R BT. 601 利用のデジタル型色変換の場合の RGB 基データに対して 0～255 中の任意の値を代入した場合（ここでは、R = 104、G = 112、B = 134）の変換結果を図 5 に模式的に示す。Y = Y'、Cb = Cb'、Cr = Cr'、R' = R'、G' = G'、B' = B' となるように復元されているのが判る。

【0177】

数 55、数 61 等を用いる JPEG 2000 適用の可逆色変換例について、RGB 基データに対して 1～254 中の任意の値を代入した場合（ここでは、R = 1、G = 254、B = 254）の変換結果を従来の非可逆変換例と比較情報として合わせて図 6 に模式的に示す。従来の非可逆変換例が非復元状態となっているのに対して、本実施の形態方式の場合、Y = Y'、Cb = Cb'、Cr = Cr'、R' = R'、G' = G'、B' = B' となるように復元されているのが判る。

【0178】

[変形例]

上述の説明では、色変換のみに着目したが、一般論としては、分解能レベルが異なる単位系間でデータを相互に順変換、逆変換する変換方法であって、順変換及び逆変換に際して分解能レベルの低い方の単位系を共通単位系に用いて、分解能レベルの低い方の単位系のデータと分解能レベルの高い方の単位系のデータとの整数演算により可逆なデータ変換を行う場合にも同様に適用できる。

【0179】

そこで、分解能の低い方の単位系→高い方の単位系→低い方の単位系の連続変換によって完全復元可能なことについて以下に証明する。

【0180】

一般に、2つの分解能 α 、 β （ただし、 $\alpha > \beta > 0$ とする。例えば、 $\text{mm} \leftrightarrow \text{BMU}$ 変換の場合、1インチを、 $\alpha = 2540 : 1 / 100 \text{ mm}$ の単位、 $\beta = 1200 \text{ BMU}$ で表現する単位系等）があって、一旦、 β 単位系から α 単位系に変換し、その変換後のデータを使って、更に β 単位系に変換し戻す場合、変換式が、

【0181】

【数68】

$$\begin{aligned} & \cdot \beta \rightarrow \alpha \text{ 変換関数 (引数: } \beta \text{ 系データ)} \\ & = \text{L}(2\alpha \times (\beta \text{ 系データ}) + \beta) / 2\beta \text{ } \end{aligned}$$

└→四捨五入用

$$\begin{aligned} & \cdot \alpha \rightarrow \beta \text{ 変換関数 (引数: } \alpha \text{ 系データ)} \\ & = \text{L}(2\beta \times (\alpha \text{ 系データ}) + \alpha) / 2\alpha \text{ } \end{aligned}$$

└→四捨五入用

の関係で結ばれている場合には、

$$\begin{aligned} & \alpha \times (\beta \text{ 系データ}) / \beta - 0.5 \quad \cdots \cdots \text{小数点以下の数も含む: 有理数} \\ & < \beta \rightarrow \alpha \text{ 変換関数 (引数: } \beta \text{ 系データ)} \cdots \cdots \text{上記定義より整数である} \\ & \leq \alpha \times (\beta \text{ 系データ}) / \beta + 0.5 \quad \cdots \cdots \text{小数点以下の数も含む: 有理数} \\ & < \alpha \times (\beta \text{ 系データ} + 1) / \beta - 0.5 \cdots \cdots \text{小数点以下の数も含む: 有理数} \\ & < \beta \rightarrow \alpha \text{ 変換関数 (引数: } \beta \text{ 系データ} + 1) \cdots \cdots \text{上記定義より整数である} \\ & \leq \alpha \times (\beta \text{ 系データ} + 1) / \beta + 0.5 \cdots \cdots \text{小数点以下の数も含む: 有理数} \end{aligned}$$

であることから、

$$\begin{aligned} & \beta \rightarrow \alpha \text{ 変換関数 (引数: } \beta \text{ 系データ} + 1) - \beta \rightarrow \alpha \text{ 変換関数 (引数: } \beta \text{ 系データ)} > \\ & \alpha / \beta - 1 > 0 \text{ であるので、元の } \beta \text{ 系の隣り合うデータ (+1 又は -1 した整数と元の整数) を } \alpha \text{ 系に変換したもの同士は、重なることが無く、また } (\beta \text{ 系データ}) - 1 \\ & < (\beta \text{ 系データ}) - 0.5 \times \beta / \alpha - 0.5 \\ & < \beta \times \beta \rightarrow \alpha \text{ 変換関数 (引数: } \beta \text{ 系データ)} / \alpha - 0.5 \\ & < \alpha \rightarrow \beta \text{ 変換関数 (引数: } \beta \rightarrow \alpha \text{ 変換関数 (引数: } \beta \text{ 系データ)}) \\ & \leq \beta \times \beta \rightarrow \alpha \text{ 変換関数 (引数: } \beta \text{ 系データ)} / \alpha + 0.5 \\ & \leq (\beta \text{ 系データ}) + 0.5 \times \beta / \alpha + 0.5 \\ & < (\beta \text{ 系データ}) + 1 \end{aligned}$$

である。

【0182】

要するに、整数値を表す $\alpha \rightarrow \beta$ 変換関数（引数： $\beta \rightarrow \alpha$ 変換関数（引数： β 系データ））＝（ β 系データ）となるので、元の β 系データが完全に復元される。

【0183】

結局、BMUなる単位系を共通単位系に用いて、1/100mmなる単位系との間で、
BMUデータ→1/100mmデータ→BMUデータ
なるデータ変換を行う際に、BMUデータ同士が一致するように整数演算により可逆変換を行わせるわけであるが、

【0184】

【数69】

$$\langle 1/100\text{mm系データ} \rangle = L(2540 \times \langle \text{BMU系データ} \rangle + 600) / 1200 \text{ J}$$

$$\langle \text{BMU系データ} \rangle = L(1200 \times \langle 1/100\text{mm系データ} \rangle + 1270) / 2540 \text{ J}$$

なる整数演算により行わせればよいものである。

【0185】

数69の2のべき乗演算をビットシフトに変更することによって、演算速度より速くすることができる。

【0186】

【数70】

(1/100mm系データ) =

(
L((2540<<bitSHIFT)+600)/1200 J × (BMU系データ) + (1<<(bitSHIFT-1))
>>>bitSHIFT;

(BMU系データ) =

(
L((1200<<bitSHIFT)+1270)/2540 J × (1/100mm系データ) + (1<<(bitSHIFT-1))
>>>bitSHIFT;

数70において、下線の部分は、固定値であるので、予め計算しておくことにより、更に高速に演算処理を行うことができる。また、ビットシフト数 (bitSHIFT) = 12の場合、 $0 \leq (\text{BMU系データ}) \leq 2400$ の範囲で誤差なく変換できる。

【0187】

従って、特にパソコンとプリンタとの間におけるようなインチ系単位（インチ、ヤード、フィート等）を用いるBMU系データとメートル系単位を用いる1/100mm系データとの長さ変換に関しても、分解能の低いBMU系を共通単位系に用いることにより、分解能レベルの高い方の1/100mm系は十分に対応できるため、完全に復元可能な長さデータの可逆変換を実現できる。

【0188】

このような変換関数を用いて行った結果を示すと表5に示すようになる。

【0189】

【表 5】

	BMU系 データ	→	1/100mm系 データ	→	復元BMU 系データ
例1.	0 BMU		0 (1/100mm)		0BMU
例2.	1		2		1
例3.	2		4		2
例4.	5		11		5
例5.	65		138		65
例6.	66		140		66
例7.	666		1410		666
例8.	1199		2538		1199
例9.	1200		2540		1200

この表 5 に示す色変換結果によれば、BMU系データが復元され、長さ変換に関するデータ互換性（可逆性）が保証されることが判る。

【0 1 9 0】

以下に、可逆性を更に保証する色変換（Y C b C r → R G B → Y C b C r）方法について説明する。

【0 1 9 1】

〔可逆性を更に保証する色変換（Y C b C r → R G B → Y C b C r）方法〕

（1）準備

（1－A）小数以下切捨て処理の表現方法

通常のコンピュータの正の固定小数点データ同士による割り算は、小数点以下切捨て処理を行うこととなる。これを数学上は、ガウス記号で実数Aを括る表現を使用して、実数Aの小数部切捨て結果として表す。従って、コンピュータの固定小数点同士による割り算結果は、modulo（割り算の剰余値を示し、“mod”と略す）で表現すると、以下に示す等式となる。

【0 1 9 2】

【数 7 1】

$$\left\lfloor \frac{V}{U} \right\rfloor = \frac{V - V_{\text{mod}U}}{U}$$

数 7 1 にて、コンピュータによる固定小数点データ V を U で割った結果が表現される。

（1－B）小数以下四捨五入処理の表現方法

上記（1－A）と同様に、コンピュータの正の固定小数点データ同士による割り算（Y/X）結果における、小数部四捨五入による結果以下に示す等式となる。

【0 1 9 3】

【数 7 2】

$$\left\lfloor \frac{2Y+X}{2X} \right\rfloor = \frac{2Y+X - (2Y+X) \bmod (2X)}{2X}$$

(1-C) 小数以下五捨六入処理の表現方法

更に、数 7 2 において、コンピュータの正の固定小数点データ同士による割り算 (Z/W) 結果における、小数部五捨六入による結果以下に示す等式となる。

【0194】

【数 7 3】

$$\left\lfloor \frac{2Z+W-1}{2W} \right\rfloor = \frac{2Z+W-1 - (2Z+W-1) \bmod (2W)}{2W}$$

上記 (1-A)、(1-B)、及び、(1-C) での説明に基づいて、可逆性を更に保証する色変換の方法について以下に説明する。つまり、片方の変換を小数以下四捨五入で変換し、その逆方向の変換を小数以下五捨六入で変換することによって、可逆性を完全に保証できることを示すものである。

(2) 低い分解能→高い分解能→低い分解能の連続変換によって完全復元を可能にする方法

2つの分解能 α 、 β とし、 β 単位系から α 単位系に変換し、その変換後のデータを使って、更に β 単位系に変換し戻すこととする。ただし、 $\alpha > \beta > 0$ とする。この場合、mm ↔ BMU 変換の場合、1 inch を、分解能 $\alpha = 2540 : 1 / 100$ mm の単位、又は、分解能 $\beta = 1200$ BMU の単位で表現するものとする。

【0195】

【数 7 4】

・ $\beta \rightarrow \alpha$ 変換関数 (引数: β 系データ)

$$= \left\lfloor (2\alpha \times (\beta \text{ 系データ}) + \beta) / 2\beta \right\rfloor$$

↳ 四捨五入用

$$= \frac{2\alpha(\beta \text{ 系データ}) + \beta - (2\alpha(\beta \text{ 系データ}) + \beta) \bmod (2\beta)}{2\beta}$$

・ $\alpha \rightarrow \beta$ 変換関数 (引数: α 系データ)

$$= \left\lfloor (2\beta \times (\alpha \text{ 系データ}) + \alpha - 1) / 2\alpha \right\rfloor$$

↳ 五捨六入用

$$= \frac{2\beta(\alpha \text{ 系データ}) + \alpha - 1 - (2\beta(\alpha \text{ 系データ}) + \alpha - 1) \bmod (2\alpha)}{2\alpha}$$

の関係で結ばれている場合には、

【0196】

【数75】

$\alpha \rightarrow \beta$ 変換関数(引数: $\beta \rightarrow \alpha$ 変換関数(引数: β 系データ))

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2\beta(\alpha \text{系データ}) + \alpha - 1 - (2\beta(\alpha \text{系データ}) + \alpha - 1) \bmod(2\alpha)}{2\alpha} \\
 &= \frac{2\beta \left(\frac{2\alpha(\beta \text{系}) + \beta - (2\alpha(\beta \text{系}) + \beta) \bmod(2\beta)}{2\beta} \right) + \alpha - 1 - (2\beta \left(\frac{2\alpha(\beta \text{系}) + \beta - (2\alpha(\beta \text{系}) + \beta) \bmod(2\beta)}{2\beta} \right) + \alpha - 1) \bmod(2\alpha)}{2\alpha} \\
 &= \frac{2\alpha(\beta \text{系}) + \beta - (2\alpha(\beta \text{系}) + \beta) \bmod(2\beta) + \alpha - 1 - (2\alpha(\beta \text{系}) + \beta - (2\alpha(\beta \text{系}) + \beta) \bmod(2\beta) + \alpha - 1) \bmod(2\alpha)}{2\alpha} \\
 &= \frac{2\alpha(\beta \text{系}) + \beta - (2\alpha(\beta \text{系}) + \beta) \bmod(2\beta) + \alpha - 1 - (2\alpha(\beta \text{系}) + \beta - (2\alpha(\beta \text{系}) + \beta) \bmod(2\beta) + \alpha - 1) \bmod(2\alpha)}{2\alpha} \\
 &= (\beta \text{系データ}) + \frac{\beta + \alpha - 1 - (0 \sim (2\beta - 1)) - (0 \sim (2\alpha - 1))}{2\alpha} \\
 &= (\beta \text{系データ}) + F(\alpha, \beta)
 \end{aligned}$$

とすると、

【0197】

【数76】

$$-1 < \frac{-(\alpha + \beta - 1)}{2\alpha} \leq F(\alpha, \beta) \leq \frac{(\alpha + \beta - 1)}{2\alpha} < 1$$

であるので、演算の内容から結果は整数であることより、 $F(\alpha, \beta)$ となる。

【0198】

つまり、整数値を表す $\alpha \rightarrow \beta$ 変換関数(引数: $\beta \rightarrow \alpha$ 変換関数(引数: β 系データ))
 $= (\beta \text{系データ})$ となるので、元の β 系データが完全に復元され、かつ、 $\alpha = \beta$ であっても完全に復元することが保証できる。

(3) 可逆性を保証する(盤石な)色変換の方法

(3-A) 再表示を可能とする色変換式(有理式による性格な等式)

上記【輝度及び色差を基調にしたオリジナル色変換式; J P E G 2000への適用例】に基づき、元の色変換式は有理数による正確な等式で示すことができる。

【0199】

YCbCr \rightarrow RGB \rightarrow YCbCr 変換式は、

【0200】

【数77】

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = A^{-1} \begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Y' \\ Cb' \\ Cr' \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

数 77 において、A は行列であり詳しくは、

【0201】

【数 78】

$$A = \begin{bmatrix} x & 1-x-y & y \\ x & 1-x-y & 1 \\ 2(1-y) & 2(1-y) & 2 \\ 1 & 1-x-y & y \\ 2 & 2(1-x) & 2(1-x) \end{bmatrix}, A^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 2(1-x) \\ 1 & -\frac{2y(1-y)}{1-x-y} & -\frac{2x(1-x)}{1-x-y} \\ 1 & 2(1-y) & 0 \end{bmatrix}$$

のように表現される。従って、可逆性が保証される。

(3-B) 整数 (固定小数点演算) による色変換式

(a) 小数以下五捨六入を適用した YCbCr → RGB 変換

上記 (3-A) にて示される数 77 及び数 78 に基づいて、上記 (1-C) にて示される数 75 を適用することによって、RGB は、YCbCr によって次のように表される。

【0202】

【数 79】

$$R = Y + \frac{4(D-x)Cr + D - 1 - (4(D-x)Cr + D - 1) \bmod(2D)}{2D}$$

$$G = \frac{Z - Z \bmod(2D(D-x-y))}{2D(D-x-y)}$$

$$B = Y + \frac{4(D-y)Cb + D - 1 - (4(D-y)Cb + D - 1) \bmod(2D)}{2D}$$

ただし、 $Z = 2D(D-x-y)Y - 4(Dy-y^2)Cb - 4(Dx-x^2)Cr + D(D-x-y) - 1$

(b) 小数以下四捨五入を適用した YCbCr → RGB 変換

上記 (3-A) にて示される数 77 及び数 78 に基づいて、上記 (1-B) にて示される数 72 を適用し、更に、数 79 を代入することによって、RGB は、YCbCr によって次のように表される。以下の数式において、 $X \bmod(x) = 0 \sim (x-1)$ 、即ち、最小値が 0 (ゼロ) であって、最大値が $(x-1)$ であるので、mod 演算を “ $0 \sim (x-1)$ ” で表現している。

【0203】

【数 8 0】

$$\begin{aligned}
 Y' &= \left\lfloor \frac{2Rx + 2G(D-x-y) + 2By + D}{2D} \right\rfloor \\
 &= \frac{2Rx + 2G(D-x-y) + 2By + D}{2D} - \frac{0 \sim (2D-1)}{2D} \\
 &= Y + \frac{1}{2D^2} \left(2D^2 - x - y - 1 \right. \\
 &\quad \left. - x(0 \sim (2D-1)) - (0 \sim (2D(D-x-y)-1)) - y(0 \sim (2D-1)) - D(0 \sim (2D-1)) \right) \\
 &= Y + Z_y(D, x, y)
 \end{aligned}$$

とすると、

【0 2 0 4】

【数 8 1】

$$-1 < -\frac{2D^2 - D}{2D^2} \leq Z_y(D, x, y) \leq \frac{2D^2 - x - y - 1}{2D^2} < 1$$

であるが、 Y' は整数であるので、 Z_y は 0 (ゼロ) になる。従って、 $Y = Y'$ が導き出される。同様に、

【0 2 0 5】

【数 8 2】

$$\begin{aligned}
 Cb' &= \left\lfloor \frac{2(D-y)Max_{RGB} - xR - (D-x-y)G + (D-y)B + (D-y)}{2(D-y)} \right\rfloor - Max_{RGB} \\
 &= \frac{2(D-y)Max_{RGB} - xR - (D-x-y)G + (D-y)B + (D-y) - (0 \sim (2(D-y)-1))}{2(D-y)} - Max_{RGB} \\
 &= Cb + \frac{1}{4D(D-y)} \left(4D(D-y)Max_{RGB} + 2D^2 - 2Dy + x + y - D + 1 \right. \\
 &\quad \left. + x(0 \sim (2D-1)) + (0 \sim (2D(D-x-y)-1)) \right. \\
 &\quad \left. - (D-y)(0 \sim (2D-1)) - 2D(0 \sim (2(D-y)-1)) \right) - Max_{RGB} \\
 &= Cb + Z_b(D, x, y)
 \end{aligned}$$

とすると、

【0 2 0 6】

【数 8 3】

$$-1 < -\frac{4D(D-y)-2D-x-1}{4D(D-y)} \leq Z_b(D, x, y) \leq \frac{4D-1}{4D} < 1$$

であるが、 C_b' は整数であるので、 Z_b は 0 (ゼロ) になる。従って、 $C_b = C_b'$ が導き出される。また、

【0207】

【数 8 4】

$$\begin{aligned} Cr' &= \left\lfloor \frac{2(D-x)Max_{RGB} + (D-x)R - (D-x-y)G - yB + (D-x)}{2(D-x)} \right\rfloor - Max_{RGB} \\ &= \frac{2(D-x)Max_{RGB} + (D-x)R - (D-x-y)G - yB + (D-x) - (0 \sim (2(D-x)-1))}{2(D-x)} - Max_{RGB} \\ &= Cr + \frac{1}{4D(D-x)} \left(\begin{aligned} &4D(D-x)Max_{RGB} + 2D^2 - 2Dx + x + y - D + 1 \\ &-(D-x)(0 \sim (2D-1)) + (0 \sim (2D(D-x-y)-1)) \\ &+ y(0 \sim (2D-1)) - 2D(0 \sim (2(D-x)-1)) \end{aligned} \right) - Max_{RGB} \\ &= Cr + Z_r(D, x, y) \end{aligned}$$

とすると、

【0208】

【数 8 5】

$$-1 < -\frac{4D(D-x)-2D-y-1}{4D(D-x)} \leq Z_r(D, x, y) \leq \frac{4D-1}{4D} < 1$$

であるが、 C_r' は整数であるので、 Z_r は 0 (ゼロ) になる。従って、 $C_r = C_r'$ が導き出される。

【0209】

このような色変換は、256 階調以上の画像データに対しても可逆性を保証するものである。

【図面の簡単な説明】

【0210】

【図 1】 本発明の一実施の形態を示す概略システム構成図である。

【図 2】 J P E G 2 0 0 0 色変換への適用例を示す概略的な模式図である。

【図 3】 可逆色変換を必要とする用途への適用例を示す模式図である。

【図 4】 アナログ型色変換の結果例を示す模式図である。

【図 5】 デジタル型色変換の結果例を示す模式図である。

【図 6】 J P E G 2 0 0 0 に適用した色変換の結果例を示す模式図である。

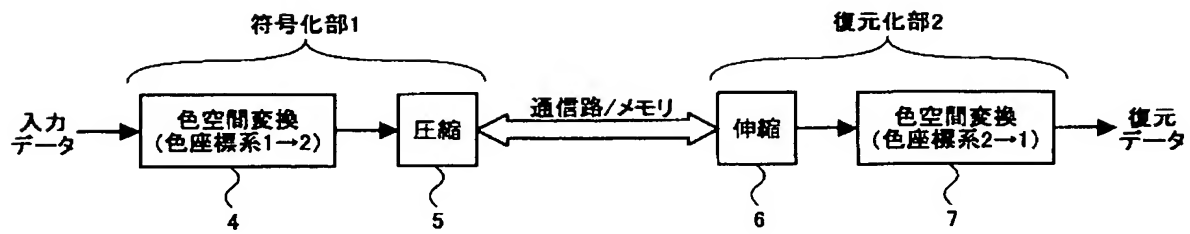
【符号の説明】

【 0 2 1 1 】

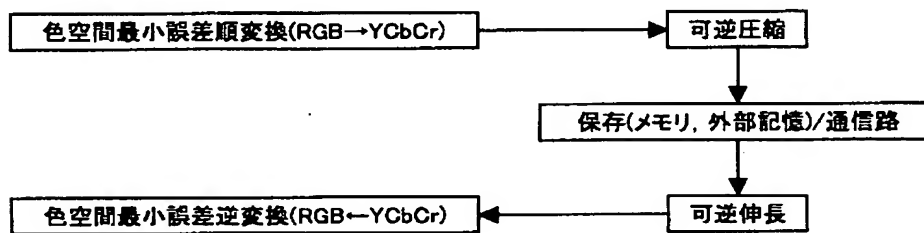
- 1 符号化部
- 2 復号化部
- 4 色空間変換（色座標系 1 → 2）
- 5 圧縮
- 6 伸張
- 7 色空間変換（色座標系 2 → 1）

【書類名】 図面

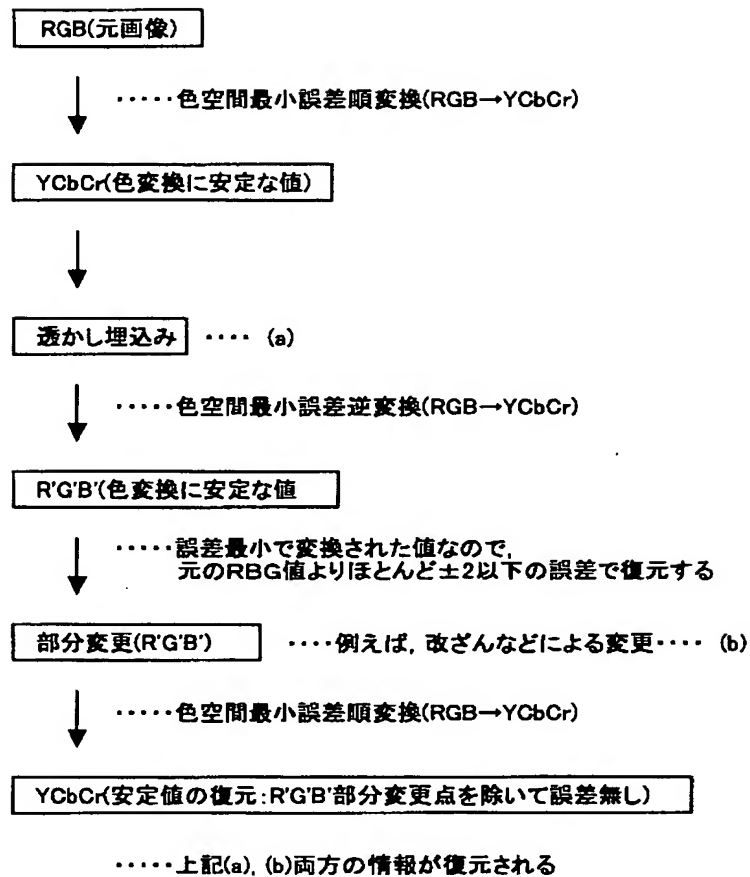
【図 1】



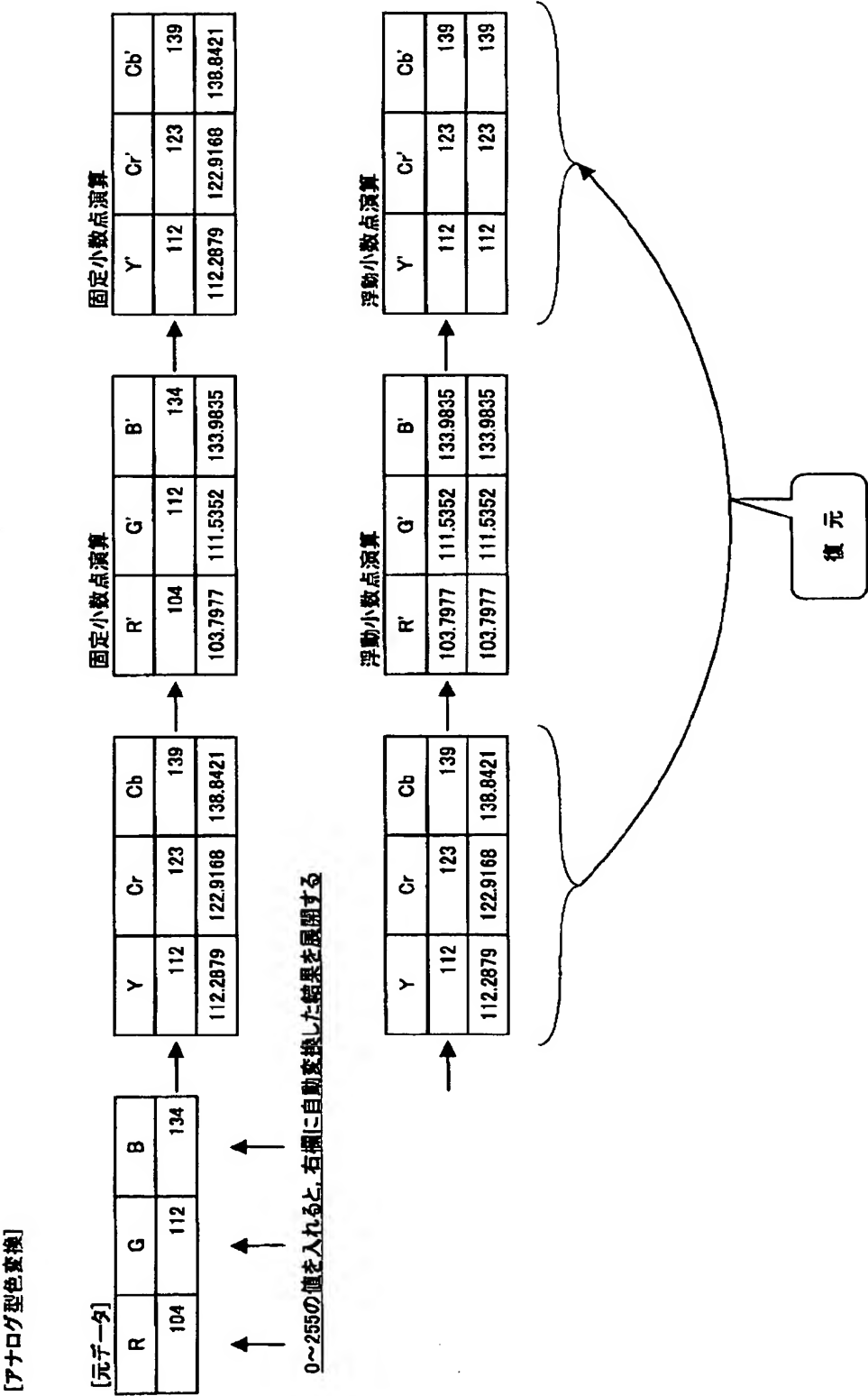
【図 2】



【図 3】

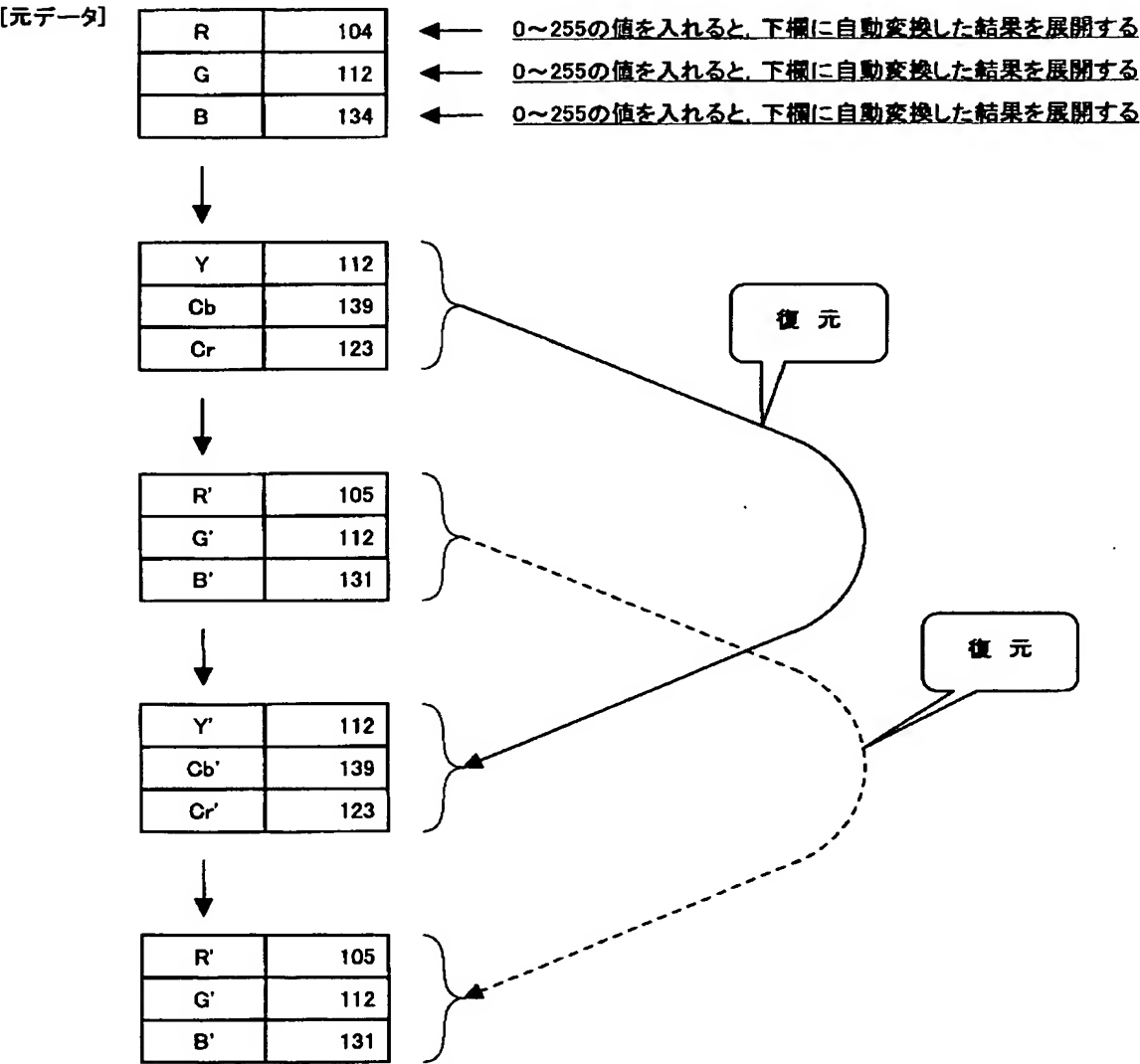


【図 4】

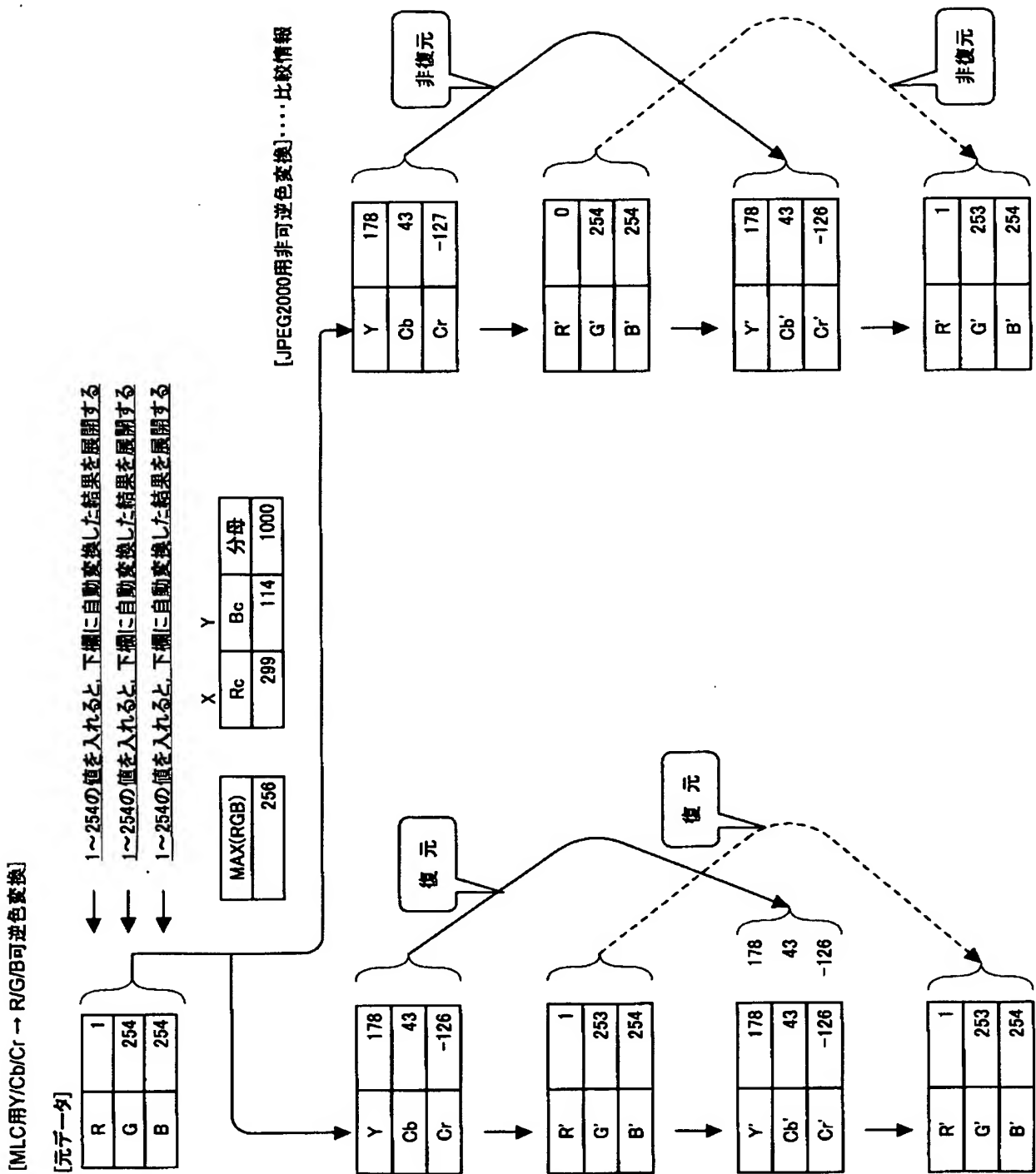


【図 5】

[ITU-R BT.601利用のデジタル型色変換]



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 分解能レベルが異なる単位系間、特に色空間の異なる単位系間でデータを相互に順変換、逆変換する際に完全復元可能な可逆変換を実現する。

【解決手段】 本発明の課題は、分解能レベルが異なる単位系間でデータを相互に順変換及び逆変換するデータ形式化逆変換方法であって、順変換及び逆変換に際して分解能レベルの低い第一の単位系を共通単位系に用いて、分解能レベルの低い該第一の単位系のデータと、該第一の単位系より分解能レベルの高い第二の単位系のデータとの整数演算により可逆なデータ変換を行うようにしたデータ形式可逆変換方法によって達成される。

【選択図】 なし

特願 2 0 0 4 - 0 1 3 1 3 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 7 4 7]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 5 月 1 7 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号

氏 名

株式会社リコー